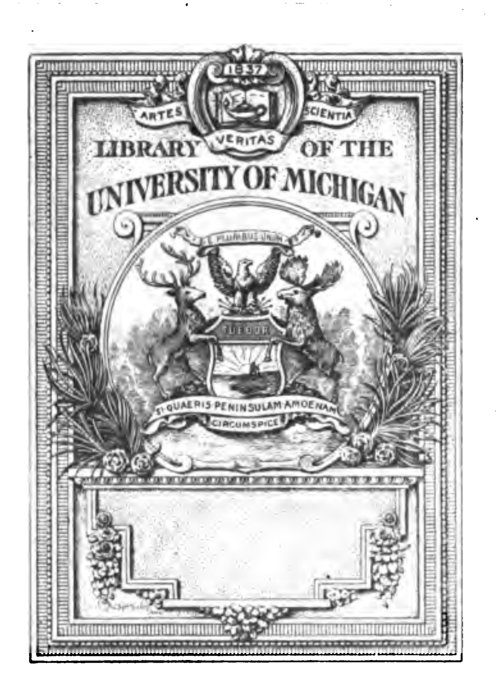


Ein vollständiges Verzeichnis der Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt" befindet sich am Schluß dieses Bandes.

ANuG

Die Sammlung

„Aus Natur und Geisteswelt"

verdankt ihr Entstehen dem Wunsche, an der Erfüllung einer bedeutsamen sozialen Aufgabe mitzuwirken. Sie soll an ihrem Teil der unserer Kultur aus der Scheidung in Kasten drohenden Gefahr begegnen helfen, soll dem Gelehrten es ermöglichen, sich an weitere Kreise zu wenden, und dem materiell arbeitenden Menschen Gelegenheit bieten, mit den geistigen Errungenschaften in Fühlung zu bleiben. Der Gefahr, der Halbbildung zu dienen, begegnet sie, indem sie nicht in der Vorführung einer Fülle von Lehrstoff und Lehrsätzen oder etwa gar unerwiesenen Hypothesen ihre Aufgabe sucht, sondern darin, dem Leser Verständnis dafür zu vermitteln, wie die moderne Wissenschaft es erreicht hat, über wichtige Fragen von allgemeinstem Interesse Licht zu verbreiten, und ihn dadurch zu einem selbständigen Urteil über den Grad der Zuverlässigkeit jener Antworten zu befähigen.

Es ist gewiß durchaus unmöglich und unnötig, daß alle Welt sich mit geschichtlichen, naturwissenschaftlichen und philosophischen Studien befasse. Es kommt nur darauf an, daß jeder an einem Punkte die Freiheit und Selbständigkeit des geistigen Lebens gewinnt. In diesem Sinne bieten die einzelnen, in sich abgeschlossenen Schriften eine Einführung in die einzelnen Gebiete in voller Anschaulichkeit und lebendiger Frische.

In den Dienst dieser mit der Sammlung verfolgten Aufgaben haben sich denn auch in dankenswertester Weise von Anfang an die besten Namen gestellt. Andererseits hat dem der Erfolg entsprochen, so daß viele der Bändchen bereits in neuen Auflagen vorliegen. Damit sie stets auf die Höhe der Forschung gebracht werden können, sind die Bändchen nicht wie die anderer Sammlungen stereotypiert, sondern werden — was freilich die Aufwendungen sehr wesentlich erhöht — bei jeder Auflage durchaus neu bearbeitet und völlig neu gesetzt.

So sind denn die schmucken, gehaltvollen Bände durchaus geeignet, die Freude am Buche zu wecken und daran zu gewöhnen, einen kleinen Betrag, den man für Erfüllung körperlicher Bedürfnisse nicht anzusehen pflegt, auch für die Befriedigung geistiger anzuwenden. Durch den billigen Preis ermöglichen sie es tatsächlich jedem, auch dem wenig Begüterten, sich eine kleine Bibliothek zu schaffen, die das für ihn Wertvollste „Aus Natur und Geisteswelt" vereinigt.

Die meist reich illustrierten Bändchen sind
in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

sführlicher illustrierter Katalog unentgeltlich.

pzig. **B. G. Teubner.**



Niagara-Fall. Übersichtsbild von der amerikanischen Seite.

Im Vordergrunde: Amerikanischer Fall und Ziegeninsel; im Hintergrunde der größere canadische Fall. Der durch die Ziegeninsel bezeichnete einspringende Winkel zwischen beiden Fällen beruht auf der Zerklüftung des Niagara-Kalkes, über den das Wasser fließt.

Aus Natur und Geisteswelt
Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen
209. Bändchen

Aus der Vorzeit der Erde

III. Die Arbeit des fließenden Wassers

Eine Einleitung in die physikalische Geologie

Von
Daniel
Dr. Fritz Frech
Professor an der Universität Breslau

Zweite wesentlich erweiterte Auflage

Mit 51 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln



Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1908

Inhalt des ersten bis fünften Bändchens.

Vorwort.

Die überaus günstige Aufnahme, welche das erste Bändchen „Aus der Vorzeit der Erde“ gefunden hat, legt der Verlagshandlung und dem Verfasser den Gedanken einer Fortführung und Erweiterung nahe. Diese bezweckt in dem Raume von fünf kleineren Bänden eine vollständige Darstellung der Fragen der allgemeinen Geologie und physischen Erdkunde zu geben. Infolgedessen wird auch hier die gegenüberstehende Disposition des Gesamtgebietes wiederholt; die in dem vorliegenden Bändchen behandelten Abschnitte sind **fett** gedruckt.

Die vorstehende Disposition zeigt in der Reihenfolge keine Abweichungen von der ersten Auflage und in dem Hervorheben einzelner Themata nur geringe Veränderungen. Die Lehre von den Erzlagerstätten glaubte ich ebensowenig wie die Petrographie der Eruptivgesteine in dem vorliegenden, wesentlich die physische Erdkunde berücksichtigenden Rahmen behandeln zu sollen. Dagegen sind Vorträge über Vergangenheit und Zukunft der Kohle sowie über die Veränderlichkeit der großen Ozeane hinzugekommen. Auf gute, möglichst neue Abbildungen und lebendige Darstellung wurde von der Verlagshandlung besonderer Wert gelegt.

Breslau, im Februar 1908.

F. Frech.

Inhalt von Band III.

Einleitung zum III. Bändchen.

Die das Felsgerüst der Erde umgestaltenden Kräfte sind in erster Linie das fließende Wasser der Kontinente und die Brandungswelle des Meeres. Bedeutsam, aber nur von lokaler Wichtigkeit ist die Einwirkung des Windes und die Tätigkeit des Eises. Der Wind kann seine volle Wirksamkeit nur dort entfalten, wo die Vegetationsfläche unterbrochen ist oder fehlt. Die Kraft des Eises, insbesondere der Gletscher, offenbart sich in den Polargebieten und in den oberen Regionen der Hochgebirge. Im Gegensatz hierzu ist die Einwirkung des Wassers in seinen verschiedenen Formen räumlich fast unbeschränkt.

Der die Erosion, Quellen-, Regen- und Schneebildung beherrschende Faktor ist die Zirkulation der Luft, welche feuchte Luftströme von dem Ozean in die Kontinente befördert.

Der Föhn der Alpen ist ein solcher feuchter atlantischer Wind und entspricht im wesentlichen dem Scirocco.

Die Abkühlung, welche durch einen kühleren Luftstrom, vor allem aber durch ein entgegenstehendes Gebirge bedingt wird, verursacht die Niederschläge in Form von Regen oder Schnee.

Wenn die Gebirge der Erde die Schauplätze der mächtigsten Kraftentfaltung des Wassers sind, so finden wir die Spuren seiner Wirksamkeit überall:

Auch in der Wüste fällt — wenn auch selten — ein heftiger Regenguß, und die Sonnenbestrahlung bringt selbst in den starren Regionen des ewigen Schnees ein vorübergehendes Schmelzen der Oberfläche zuwege; der auf dem Schmelzen des oberflächlich rinnenden Wassers beruhende Spaltenfrost zersprengt auch weit oberhalb der Schneegrenze die freiliegenden Felshänge. Das Wasser, welches aus den Wolken als Regen*) oder Schnee auf die Erdoberfläche niederfällt, entfaltet seine geologische Wirksamkeit in dreifacher Hin-

*) Direkte Wirkung des fallenden Regens beobachten wir nur in gewissen Mergeln und Lehmmassen; d. h. wenn die Verteilung des Tones derart ist, daß die Gesteine im Augenblick der Befeuchtung flüssig werden, aber rasch wieder trocknen und erhärten, kommt es zur Bildung der Erdpyramiden: Oberbozen, Meran, Arnotal. (Abb. 1.)

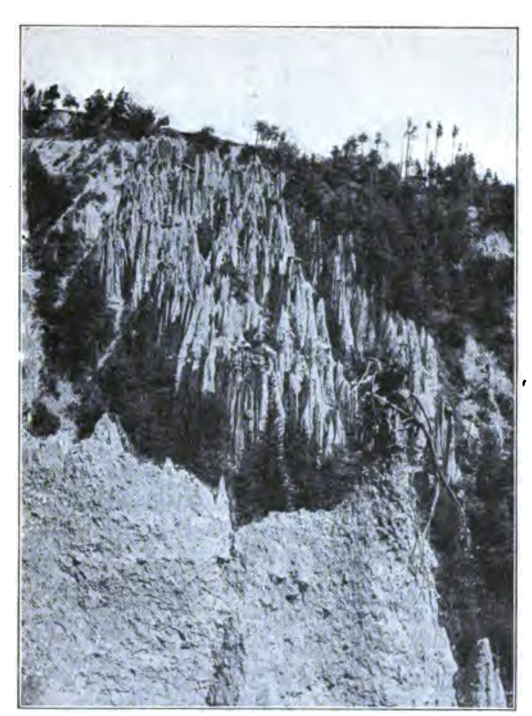


Abb. 1. Erdpyramiden auf dem Ritten bei Oberbozen, Südtirol. Regenwirkung in einer an Geschieben reichen Moräne. Nach einer Photographie von V. Sella.

sicht. Etwa ein Drittel*) des Wassers fließt oberflächlich ab und arbeitet an der Abtragung der Gebirge in Gestalt von Wildbächen (Vortrag I) oder in der ruhigeren Form der normalen Talbildung (Vortrag II). Ein zweites Drittel dringt in die Erde ein und bildet hier auf undurchlässiger Unterlage das Grundwasser oder in den Gesteinsspalten und den durchlässigen Erdschichten die wasserführenden Quellenhorizonte und die Karsterscheinungen (Vortrag III u. IV). Auch das letzte Drittel dringt in die Erde ein, wird hier aber chemisch gebunden und bedingt die Auflösung mancher Gesteine, wie des Gipses und Kalkes, die Umsetzung anderer Mineralien und endlich chemische Neubildungen, wie Erzgänge oder Absätze von Quellsinter. Unter den chemischen Umsetzungen ist die wichtigste und am weitesten verbreitetste die Umsetzung der Kieselsäureverbindungen (z. B. der Feldspate) in kohlensäurehaltige chemische Verbindungen (Karbonate); die Ursache dieser Umsetzung ist die stets im Regenwasser enthaltene Kohlensäure, während das Wasser lediglich als Träger derselben arbeitet. (Bändchen IV.)

*) Die Menge des oberflächlich abfließenden und die des eindringenden Wassers hängt von der Durchlässigkeit der Gesteine ab.

A. Arbeit des oberflächlich fließenden Wassers.

Erosion. Es gab eine Zeit, wo man in jedem Tal eine klaffende Spalte sah, welche die Gebirgsbildung dem Wasser vorgezeichnet hatte. Die sieben oder acht Spalten, welche die Donau in ihrem langen Lauf von Donau-Eschingen bis zum Schwarzen Meere vorgefunden haben sollte, sind die merkwürdigste Erläuterung dieser längst verlassenen Lehre. Die neuere Auffassung sieht in der einschneidenden oder einkerbenden (erodierenden) Tätigkeit des rinnenden Wassers die lebendige Kraft, welche die Hohlformen der Täler aus dem Rumpf der Gebirge und Kontinente herausmodelliert. (Titelbild, Abb. des Grand-Cañon, des Moseltales und des Yellowstone-Cañon, S. 37, 31, 38).

Das anschaulichste Beispiel der Erosion bildet ein Wildbach, in dessen oberem Teile, dem Sammeltrichter, das Wasser einschneidend und abtragend arbeitet. Im Mittelteil, dem Tobel oder Hals des Laufes, werden die losen Schuttmaterialien nur noch transportiert, da die lebendige Kraft des Wassers nicht mehr ausreicht, um neues Material loszureißen. Dort, wo der Wildbach in das Haupttal mündet, erlahmt die Erosionskraft, und die losgerissenen Schutt- und Geschiebemassen bauen sich kegelförmig in den Talboden hinein.

I. Vortrag.

Über Wildbäche (Muren).

Die furchtbaren Regenkatastrophen, von welchen im Juli 1897 und dann wiederum im Juli und September 1903 der Nordosten der Alpenländer, sowie Böhmen, Schlesien und Sachsen heimgesucht wurden, haben eine Fülle von Erörterungen darüber hervorgerufen, ob es möglich sei, die zerstörenden Wirkungen derartiger Naturereignisse einzuschränken oder zu bannen. In der Tagespresse, in Fachvereinen und in den Parlamenten wird darüber gestritten, ob die Zurückhaltung des Wassers in Staubecken oder eine möglichst

rasche Ableitung erstrebenswert sei, oder ob nicht vielmehr eine Festhaltung der in Bewegung gesetzten oder gelockerten Schuttmassen im Gebirge die Hauptaufgabe des Ingenieurs bilden müsse.

Die vielerörterte Frage, inwieweit der Wald große Wassermengen zu binden vermag, und ob somit die Entwaldung ausgedehnter Gebiete die Verheerungen der Wildbäche und die Überschwemmungen hervorruft, wird immer wieder von neuem in den Bereich der Besprechungen gezogen.

In den öffentlichen Erörterungen treten die Meinungen des Ingenieurs, des Forstmannes und des Gesetzgebers in den Vordergrund; aber auch die Stimme des Geologen verdient gehört zu werden. Es handelt sich für den letzteren weniger um theoretische oder technische Fragen, als um möglichste Ausdehnung und Vertiefung der kartographischen Aufnahme des Gebirges.

Nur die im Gebirgsland, im Quellgebiete der großen Flüsse auftretenden Wildbäche oder Muren sollen in den nachfolgenden Zeilen behandelt werden. Was eine Mure ist, das lehrt am einfachsten ein Blick auf Abb. 2 „Kottla bei Klagenfurt“: In dem tiefeingerissenen, wildzerfurchten, zirkusartigen Sammelbecken wird von jedem stärkeren Regen das Schuttmaterial, ein klüftiger, bröckeliger Dolomit, zusammengetragen. Die aus größeren und kleineren Blöcken, Schlamm und Wasser gebildete Masse ergießt sich durch den kurzen Tobel oder Abzugskanal (Abb. 3), der in regenlosen Zeiten trocken daliegt. Am Fuße des Gebirges ist die Erosions- und Transportkraft des Wassers gebrochen und die mitgeführten Schutt- und Gesteinsmassen lagern sich unter verschiedenen Böschungswinkeln als Schuttkegel (Abb. 2 und 5) ab.

A. Vorbedingungen der Murenbildung.

Die natürlichen Vorbedingungen der Entstehung von Wildbächen sind demnach:

1. Lockerer Boden (alte Moränen, alte Terrassen oder Gehängeschutt, wie auf Abb. 5) oder leicht zersetzbares Gestein (Abb. 2).

2. Hinreichend steiler Böschungswinkel des Gehänges.

3. Hochwasser-Katastrophen, verursacht durch lang andauernde Regengüsse, Wolkenbrüche oder Schneeschmelzen.

Wenn in gefährdeten Gebieten das Eingreifen des Menschen den Wald, den natürlichen Schutz des Bodens, zerstört, wird die Lage bedrohlicher, besonders dort, wo klimatische oder andere Ursachen das Wiedererstehen der Bäume erschweren.



Abb. 2. Wildbach Koškla bei Klagenfurt. Nach Photographie.

Von 1471 bis 1776 haben die französischen Südalpen fast Dreiviertel ihres kulturfähigen Bodens verloren, und die Entvölkerung hat dementsprechende Fortschritte gemacht; allein von 1836—1866 haben die Departements Hautes- und Basses-Alpes 25000 Menschen eingebüßt. Hier waren also die Verwüstungen durch Murenbrüche am bedeutendsten.

In den östlichen Nord- und Südalpen zeigt der Untergrund viel Übereinstimmendes, die klimatischen Verhältnisse hingegen wesentliche Verschiedenheiten. In den Südalpen hindert die Trockenheit und Hitze des Sommers eine Wiederbewaldung der ursprünglich von dichtem Forst bedeckten Berge desto mehr, je näher wir den

Küsten des Mittelmeeres kommen. Der ärgste Feind der jungen Bäume, die Ziege, ist im Süden verbreiteter als im Norden. Endlich sind Wolkenbrüche und besonders die plötzlichen, durch Föhn hervorgerufenen Schneeschmelzen häufiger als im Norden. In den weniger dicht bevölkerten Nordalpen ist andererseits die Ausnutzung des Bodens weniger intensiv und die gleichmäßigere Verteilung der Niederschläge in den Jahreszeiten einer Wiederaufforstung wesentlich günstiger.

1. Einfluß der Gesteinszusammensetzung. Als Material für Murenbildung kommt in erster Linie der durch Verwitterung oder Gletscher gebildete Gebirgsschutt in Betracht. Sehr viel weniger häufig entstehen Wildbäche in den durch Seen und Bäche abgelagerten Schotterterrassen oder im anstehenden Gestein. Die Felsarten, welche durch die langsam vorschreitende Verwitterung in ihrer ganzen Masse vermorscht werden, sind im Hochgebirge selten. Wenn auflösbare Mergel oder Tone zwischen härteren Schichten lagern, entstehen Bergstürze (Vortrag V), wenn die ganze Masse des Gebirges aus leicht zersetzbaren Felsarten besteht, ist die Vorbedingung für Murbrüche gegeben.

Eine eigentümliche, zuweilen in echte Muren übergehende Form der Bodenrutschung besitzen die mergeligen, mit Kalkbänken wechselnden Massen der Cassianer Schichten im Enneberger und Ampezzaner Tal Südtirols. Hier befindet sich das ganze Gehänge in unablässiger, talwärts gerichteter Bewegung. Der Wanderer bemerkt mit Erstaunen, daß nicht nur Risse und Einschnitte nach jedem stärkeren Regen frisch entstehen, sondern daß die Rasendecke vielfach in Wülste und flache Falten gelegt wird. Im ganzen oberen Enneberg ist nach den Worten von Mojsisovics „die Talbildung noch unvollendet". Der Böschungswinkel, namentlich der oberen Partien, ist für die leicht auflöslichen und zersetzbaren Gesteinsarten noch viel zu steil. Es brechen daher an den oberen Rändern des von Feuchtigkeit durchtränkten Gesteins infolge zu großer Belastung lange Gehängestücke ab, welche allmählich abwärts gleiten und dadurch zu erneuten Gehängebrüchen am oberen Rande Anlaß geben. Der Prozeß ist ein sehr langsamer, er hat begonnen mit der Entblößung der Hochfläche und wird fortdauern bis zu der Herstellung eines bestimmten mittleren Böschungswinkels. Den besten Beweis für die Langsamkeit der Bewegung bilden die wandernden Wiesen und Wälder. Die Bildung einer festen Grasnarbe und der Aufwuchs eines Waldes bedürfen einer gewissen Stabilität des Bodens. Die abgerutschten

Schollen müssen daher längere Zeit stationär geblieben sein, bis die untere, stets tätige Erosion sie ihres Haltes beraubte, oder die von oben nachgerückten Massen vorwärts schoben. Daraus geht eine gewisse Periodizität der Bewegung hervor. Eine solche wandernde



Abb. 3. Die Farstrinne im Ötztal

Tobel eines Wildbaches mit zerstörter Sperrmauer. Orig.-Aufnahme des Verfassers.

Wiese gleicht einem von einer mächtigen Pflugschar aufgewühlten Ackerfelde. In langen parallelen Reihen, die Bruchränder nach aufwärts gekehrt, stehen die aufgeworfenen Schollen, welche sich endlich überschlagen und in eine chaotische Schlamm- und Trümmermasse übergehen. In einem auf der Talfahrt begriffenen Walde senken sich die stärksten Bäume und begraben in ihrem Fall ihre Vorder-

männer. Zuweilen entstehen bei vollkommener Durchweichung und Durchtränkung des Mergelgebirges nach langem Regen auch echte Murbrüche, so die Schlamm-Mure von Peskol am Ufer der Gader unterhalb von St. Leonhard. Ein Aufstauen des Hauptbaches durch den Schuttkegel, die Bildung von Schotterterrassen und ein Durchreißen des ersteren hat hier periodisch stattgefunden.

Eine ähnliche Erscheinung bilden die zerklüfteten Kalksteinmassen der Tofanawände bei Cortina d'Ampezzo, die auf der mergeligen Unterlage allmählich talwärts wandern und die Häusergruppen am rechten Boita-Ufer zu gefährden drohen. Den Vorgang derartiger Rutschungen von Dachsteinkalken auf ganz schwach geneigter Unterlage veranschaulichen die ruinenartig zerborstenen und zerspaltenen Fünf Türme an der Falzaregostraße bei Ampezzo, eines der schönsten Beispiele von Gesteinsverwitterung, das wir in den Alpen kennen. (Vergl. Vortrag V, Bergstürze.)

Der Einfluß des Gesteins auf die Murenbildung tritt besonders dort deutlich hervor, wo in einem Längstal zwei Gebiete von sehr abweichender geologischer Zusammensetzung aneinander grenzen. Das Gehänge des Pustertales wird im Norden von dem alten Tonglimmerschiefer, im Süden vorwiegend von Dolomiten und Kalken der Triasformation gebildet. Die ausgedehnteren Schuttkegel und Muren entstehen zumeist in den Schieferbergen; auf der Südseite bilden die roten Sandsteine und der überlagernde Kalk nur bei bedeutenderer Flächenentwicklung einen gefährlichen Untergrund. Der mächtige, von dem nördlich gelegenen Pfannhorn bis an den südlichen Hang hinausgeschobene Schuttkegel des Wahlenbaches bildet auf dem Toblacher Feld die im Gelände kaum hervortretende Wasserscheide zwischen Drau und Rienz. Die vollständige Vermurung des Dorfes Wahlen im Jahre 1856, die periodische Bildung von Flußschotterterrassen beweist, daß hier ein Gleichgewichtszustand der Erosionsarbeit noch lange nicht erreicht ist.

2. Der Einfluß des Böschungswinkels auf die Murenbildung. In wenigen Alpentälern ist der Einfluß des Böschungswinkels auf die Entwicklung und Verteilung der Schuttkegel so klar wahrnehmbar wie im Gailtal. Dasselbe trennt in seinem östlich gerichteten Laufe zwei Gebirgszonen von ganz verschiedenem Aufbau, die nördlichen Lienzer Dolomit- und Kalkalpen und die südliche, sehr mannigfach zusammengesetzte Karnische Hauptkette, die vornehmlich aus Schiefern, daneben aus Kalken verschiedenen Alters besteht. Doch tritt für die Fragen der Erosion die Gesteinsverschiedenheit

hinter der Zerlegung des Gailtales in Längsstufen zurück. Das Tal zeigt eine überaus scharfe Gliederung in einen oberen und einen unteren Abschnitt, der auch die volkstümliche Bezeichnung Lessachtal für die obere Terrasse und Gailtal für den Unterlauf Rechnung trägt. Die Sohle des ersteren liegt 250—300 m über der des letzteren, wenn man unter der Talsohle die Terrasse versteht, auf welcher die Lessacher Ortschaften verstreut liegen; der Höhenunterschied zwischen den beiden, nur 6 km voneinander entfernten Orten Kötschach und St. Jakob beträgt 240 m. Allerdings hat die Gail in die alte, mit Glacialschotter bedeckte Talsohle des Lessachtales eine tiefe Schlucht mit steilen Rändern eingegraben. Die gewaltigen Schutt- und Steinmengen, welche den Unterlauf des Flusses fortgesetzt erhöhen und die Gailregulierung zu einer wahren Sisyphusarbeit machen, stammen zum guten Teil aus dem Lessachtal.

Die Talform der Nebenbäche und die Menge des in denselben aufgehäuften Schuttes steht in unmittelbarer Abhängigkeit von dem Erosionsstadium des Haupttales. Im oberen Lessachtal, insbesondere auf der Strecke Kartisch—Ober-Tilliach, sind die oberflächlich mit Gebirgsschutt bedeckten eiszeitlichen Ablagerungen fast unverändert liegen geblieben; die Nebenbäche münden daher ohne steileren Gefällssprung in das Haupttal. Infolge des geringen Gefälles haben sie nicht die Kraft besessen, den älteren Glacialschutt und die durch fortschreitende Verwitterung angehäuften Geröllhalden zu entfernen.

Von Maria Luggau ab nimmt der Einschnitt der Gail mehr und mehr an Tiefe zu, und die transportierende Kraft der Nebenbäche wächst dementsprechend. An der Mündung der letzteren ist der Gehängeschutt bereits überall entfernt und oberhalb weniger mächtig. Der am unteren Ende der Talterrasse des Obertales mündende Valentinbach enthält nur vereinzelte Reste von Geröllhalden.

Weiter abwärts ist das Haupttal stark vertieft und die Nebenbäche enden daher mit einem mehr oder weniger deutlich ausgeprägten Abfall von durchschnittlich 200 m Höhe. Die Bäche des unteren Tales zeigen somit überall die drei Grundbestandteile des Wasserlaufschemas sehr deutlich: Sammelbecken, Abflußrinne (in diesem Falle ziemlich lang) und Schuttkegel.

Dieser Schuttverteilung entsprechend nimmt die Murengefährdung des Tales von oben nach unten im ganzen ab. Am gefährdetesten ist naturgemäß der unweit der Talstufe mündende Valen-

tinbach, in welchem die Umlagerung der losen Massen in vollem Gange ist.

Bemerkenswerte Unterschiede in der Schuttführung werden durch verschiedene Verteilung der Gefällstufen auch im Pinzgau bedingt. So führen (nach Schjerning) diejenigen Tauernbäche, welche bei der Einmündung in das Haupttal eine Steilstufe bilden, wenig Schutt zur Salzach hinab. Bei diesen Tälern wird der Schutt wie im Gailtal unmittelbar und unausgesetzt dem Haupttal zugeführt. Der Mühlbach vermag hingegen diesen dauernden Transport nicht zu bewältigen und enthält andererseits eine Menge Schutt, der bei außerordentlichen Hochwassern zu Tal befördert wird. So hat am 5. August 1798 das Dorf Mittersill eine vollständige Vermurung erlitten, deren Masse auf 20 Millionen cbm geschätzt wurde.

Wie aus den obigen Darlegungen hervorgeht, bricht der einer steilen Talstufe entsprechende Wasserfall die transportierende Kraft der Wildbäche und veranlaßt die Bildung eines Schuttkegels. Der Ingenieur ahmt diesen einfachen Grundsatz nach, indem er die Gefällskurve eines Wildbaches in eine Anzahl von künstlichen Steilstufen und ganz flach geneigten Strecken zerlegt. An den Wasserfällen der Stufen wird die lebendige Kraft des Wassers gebrochen und die flachen Strecken des Laufes in eine ebenso große Anzahl künstlicher Schuttkegel umgewandelt. Die technische Ausführbarkeit eines solchen in seiner Grundlage leicht verständlichen Werkes hängt von der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes und der Güte des verwendeten Baumaterials ab, ist also nicht überall möglich (Abb. 4 und 6).

B. Der Einfluß menschlicher Tätigkeit auf die Murenbildung.

Die Bedeutung des Waldes und der Entwaldung. Über den Einfluß der Entwaldung auf Ausbreitung und Entstehung der Muren ist viel geschrieben worden, und das häufig angeführte Beispiel der französischen Seealpen beweist, daß rücksichtsloser Kahlschlag die Vermurung der Täler und die Verödung ganzer Länder zur Folge haben kann, wenn ungünstige klimatische und andere Einflüsse (Weidegang) die Wiederbewaldung verhindern.

Ein meteorologisch den Küsten des Mittelmeers ähnliches Gebiet, in dem die hier fast vollendete Waldverwüstung noch in voller Blüte steht, ist der Westen von Amerika. Es findet ein unglaublicher, durch Gesetze kaum gehemmter Kahlschlag statt: fast schlimmer noch als die Holzfäller verwüsten den Wald die durch reine Nach-

lässigkeit, aus nicht gelöschten Wachtfeuern, entstehenden Waldbrände, welchen die Sommerdürre eine ungeheure Verbreitung verschafft. Sogar im Yellowstone-Park, in dem jede Art von Waldverwüstung nicht nur verboten, sondern auch durch die bewaffnete Macht verhindert wird, ist etwa ein Fünftel der vorhandenen Wälder verbrannt. In den von mir im Jahre 1891 besuchten Waldgebieten Arizonas, deren Kahlschlag erst begonnen hatte, sah man am Ende der trockenen Jahreszeit, im Oktober, stets aus einem oder aus mehreren Waldbränden gleichzeitig mißfarbigen Rauch am Horizonte emporsteigen.

Die Vermurung der Talböden kommt bei der Geringfügigkeit der Besiedelung hier weniger in Betracht, als die Gefährdung des Mittel- und Unterlaufes der Flüsse durch Hochfluten, deren verderbliches Anschwellen durch das rasche Zusammenfließen der Niederschläge auf den waldentblößten Gebirgshängen begünstigt wird. Die Bannlegung des Waldes in dem der Provinz Schleswig-Holstein an Größe gleichkommenden Yellowstone National-Park kann allein das Übel nicht mindern, da die trostlose Waldverwüstung in den übrigen Flußgebieten des Mississippi-Stromlandes unaufhörlich vorschreitet.

Daß in einem ungünstigen Klima bei starker Verschiedenheit der Niederschlagsmengen in den einzelnen Jahreszeiten gerade durch die Verwüstung der Wälder eine Steigerung der Hochwassergefahren bedingt wird, ist eine bekannte Tatsache. Weniger einfach ist die Frage zu beantworten, ob ein gut gepflegter Wald allein unter allen Umständen die Wirkung der Murbrüche und Überschwemmungen zu brechen vermag? Die Regenfluten des Septembers 1882 verheerten ein Gebiet in den südlichen Ostalpen, das klimatisch infolge der größeren Menge der sommerlichen Niederschläge immer noch günstiger dasteht, als die Berge der französischen Mittelmeerländer oder das westliche Nordamerika. Andererseits hatte die forstliche Mißwirtschaft hier besonders arge Verwüstungen angerichtet. Ein klassisches Beispiel der ganz besonders unvernünftigen Form dieser Waldverheerung enthält das Sextener Tal: Hier hatten in den leicht verwitternden, aus Sandstein bestehenden Vorbergen die Bauern anfangs der achtziger Jahre den Gemeindewald in einzelne Parzellen geteilt, deren jede die Form eines Kegelausschnittes auf dem Gehänge besitzt. Nun begann jeder Besitzer von der Grenze seiner Parzelle die Bäume fortzunehmen, damit ihm bei der ziemlich undeutlichen Abgrenzung der Nachbar nicht zuvorkäme. Da die Grenzen

von oben nach unten genau dem Gehänge folgen, entstanden Längsrisse durch den Wald, welche naturgemäß den Murgängen die Richtung vorzeichneten. Das Unheil wollte es, daß der September 1882 mit seinen ungewöhnlichen Regengüssen gerade das Pustertal durch Murbrüche heimsuchte. (Abb. 4.)

Die Zurückhaltung des Tagwassers durch den Wald findet bei außerordentlichen Regengüssen bald eine Grenze, wie nicht nur durch die Ereignisse von 1882, sondern auch schon durch die Untersuchung der Hochfluten in Niederschlesien (August 1897) und in den Beskiden (Juni 1894) bestätigt wurde. Beide entsprangen in Gebieten mit dichtem und vortrefflichem Waldwuchs.

Es ist also scharf zu scheiden zwischen der in gewissem Sinne normalen Erosionsarbeit der regelmäßig wiederkehrenden Schneeschmelzen und Regenperioden und den ungewöhnlichen, in größeren Zwischenräumen auftretenden lokalen Wolkenbrüchen, sowie den größere Gebiete verheerenden Regenfluten (1882, 1897, 1903, 1907).

Die Wirkungen der normalen Abtragung des Gebirges durch Wildbäche und fließendes Wasser wird die andauernde Tätigkeit des Forstmannes und Ingenieurs stets auf ein ungefährliches Maß zurückzuführen imstande sein. Bei ungewöhnlichen Elementarereignissen versagt zunächst die das Wasser bindende Kraft des Waldes; auch die Talsperren, die Verbauung der Wildbachbetten und die Befestigung der Hänge sind in erster Linie für die regelmäßigen Hochwässer bestimmt und gewähren ungewöhnlichen Ereignissen gegenüber nur bedingten Schutz.

Es ist ferner sicher, daß eine Verbauung der Wildbäche nach dem in den französischen Alpen erprobten System zwar die Schuttmassen zurückhält, aber eine Verlangsamung des Wasserabflusses in keinem irgendwie erheblichen Maße bedingt. Ein System von Stauweihern oder größere Talsperren für Staubecken können nur im Mittelgebirge in Frage kommen, wo die Industrie oder die Teichwirtschaft die Kosten der Anlagen tragen hilft. Aber auch hier sind dieselben, wie die zahlreichen Dammbrüche der Neuzeit beweisen, nur möglich, wenn die geologischen Verhältnisse günstig sind und die Ausführung der Sperrmauer auf der Höhe der Technik steht.

Für das Hochgebirge der Alpen ist die Anlage von Staubecken wohl noch niemals ernstlich in Frage gekommen.

Im Sinne der Zurückhaltung des Wassers oder mit anderen Worten der Verminderung der Hochwassergefahr wirkt ferner das

Dränieren und Entsumpfen von Wiesen und Mooren. Wenngleich die räumliche Ausdehnung von Wiesen, Mooren und Alpenweiden im Gebirge im ganzen geringer ist als die des Waldes, so ist die Wichtigkeit dieses Faktors doch nicht zu verkennen.

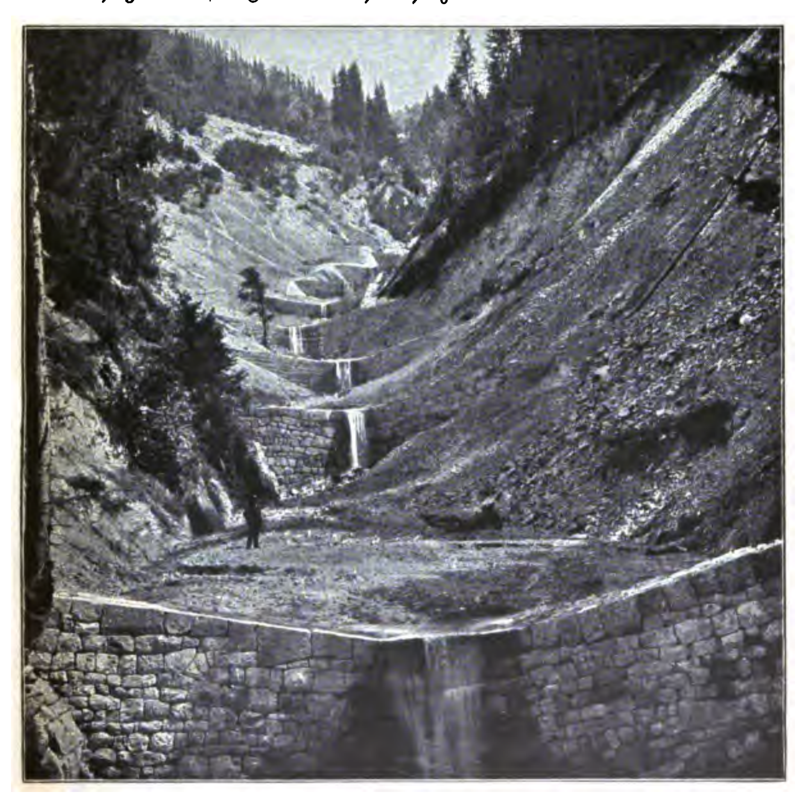


Abb. 4. Ein verbauter Wildbach: Staffelung mit Steinsperrung im Gödnacherbache. Pustertal, Tirol. Nach G. Strele.

Ein Hochmoor ist im ursprünglichen Zustande einem vollgesogenen Schwamme zu vergleichen, über den alles neu hinzutretende Wasser einfach hinwegläuft, ein dräniertes Gebirgsmoor entspricht einem trockenen Schwamm, der sich vollsaugt und dann das Wasser allmählich abläßt.

Da die besonders murengefährlichen alten Moränengebiete der

Alpen gleichzeitig durch Ausdehnung der Moore und sauren Wiesen gekennzeichnet sind, darf diese bei der Dränage gemachte Erfahrung nicht gering angeschlagen werden.

C. Einteilung der Muren.

Nach einem scheinbar äußerlichen, aber für praktische Zwecke wichtigen Gesichtspunkte kann man bei den Wildbächen unterscheiden:

1. Die Hochmuren entspringen in und oberhalb der Baumgrenze;

2. die Niedermuren entstehen unterhalb der Baumgrenze im Bereiche des dichten Baumwuchses.

Praktisch wichtig ist diese Unterscheidung, insofern die erste Entstehung der im Bereich der vereinzelnten Lärchen und Zirben oder oberhalb des Baumwuchses beginnenden Muren mit der Waldverwüstung nichts zu tun hat und nur die weitere Ausdehnung durch den Wald eingeschränkt werden kann. Die vollständige Verbauung einer großen Hochmure muß, wenn sie Aussicht auf dauernden Erfolg haben soll, bis in die höchsten Abrißpunkte durchgeführt werden und ist mit Rücksicht auf die hierdurch bedingten großen Kosten immer nur in einzelnen Fällen möglich. Niedermuren entstehen hingegen häufig infolge von Kahlschlag, Lawinen oder Windbruch auf besonders tiefgründigem Schutt unten am Gehänge; der kurze Lauf kann in den allermeisten Fällen durch sachgemäße Verbauung, Beflechtung der lockeren Gehänge mit Weiden und Wiederaufforstungen in ein ungefährliches Wasserrinnsal umgebildet werden. Die obige Einteilung, die wegen ihrer praktischen Bedeutung auch in ein Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften übergegangen ist, dürfte jedenfalls einer Gruppierung vorzuziehen sein, welche die einschneidende Tätigkeit der Muren von der unterwühlenden trennt; denn es ist das Wesen jeder Erosion, abwechselnd zu unterwühlen und einzuschneiden.

Die Hochmuren der oberhalb des Ortes Ötz bei stärkeren Regen strömende, Felder und Häuser bedrohende Wildbach (Abb. 5) soll vor 200 Jahren seine Schuttströme in das Tal gesandt haben. Dann verwuchs die im Gehängeschutt befindliche Abrißstelle, deren gefährdetste Teile, wie die Abbildung zeigt, innerhalb der Baumgrenze liegen, während die obersten Quelläste weit in die Acherberg- (oder Ötzer-) Alpe hinaufreichen. Im Jahre 1817 riß eine Schneelawine den Boden auf und vernichtete den Wald teilweise, an dessen Ausnutzung in der Höhe zwischen 1800 und 1900 m damals natür-



Abb. 5. Die Ötzer Mure.
Typus einer Hochmure, d. h. eines hoch über der Waldgrenze entstehenden Wildbaches.
Originalaufnahme des Verfassers.

lich niemand dachte. Mit diesem Zeitpunkt beginnt die leider alljährlich vorschreitende Verheerung des Talbodens. Die Ötzer Mure ist u. a. dadurch merkwürdig, daß auf der Acherberg- (oder Ötzer-) Alpe im Quellgebiete des Wildbaches einmal ein wirklicher Versuch mit dem zuweilen empfohlenen Hilfsmittel der horizontal geführten Sickergräben gemacht worden ist. Die Feuchtigkeit schwächerer Regen ist durch diese Gräben allerdings aufgesogen und verteilt worden, aber bei dem ersten stärkeren Guß saugte sich der Schutt des Abhanges zuerst schwammartig voll und riß dann, zu einem der gewaltigsten Ausbrüche anschwellend, in großen Massen ab.

Der größte und verheerendste Wildbach des Ötztales, die oberhalb der Farstrinne (Abb. 7) entspringende Öster-Mure, entsteht eben-

falls über der Baumgrenze in einer 2200 m hoch beginnenden Schutthalde der hohen Wasserfallspitze (3005 m). Zahlreiche Felder und Häuser des Dorfes Östen, darunter das Schulhaus, sind allmählich unter den Trümmern begraben worden; leider vereinigt sich hier die massenhafte Anhäufung von Gehängeschutt in großer Höhe und die steile Neigung des Gehänges, um eine wirksame Verbauung kaum in den Bereich der Möglichkeit kommen zu lassen. Daß eine am Ausgang des Tobels errichtete mauerartige Talsperre nicht nur zwecklos ist, sondern unter Umständen infolge eines Dammbruches besonders gefährlich wirken kann, ist eine längst bekannte Tatsache.

Die Niedermuren. Die am unteren Teile des Talgehänges entspringenden Wildbäche sind im großen und ganzen weniger häufig als Hochmuren, von deren Wirksamkeit die großen Schuttkegel fast aller Alpentäler Zeugnis ablegen. Im Landschaftsbilde des Talhanges treten jedoch diese Gebilde viel schärfer hervor, da außer dem Tobel und dem Schuttkegel auch der Sammeltrichter sichtbar ist.

Sehr viel gefährlicher als diese Abschwemmungen des wenig mächtigen Gehängeschuttes sind die Einrisse in den mächtigen Grundmoränenbildungen, welche in der Umgebung des Brenners häufig die unteren Gehänge bedecken.

Gewaltige, tief eingerissene Sammeltrichter und Tobel durchfurchen die mächtigen alten Moränen oberhalb des reichen, auf einem Schuttkegel des Inntaler Mittelgebirges liegenden Dorfes Götzens. Die höchsten Abrißstellen gehen nicht viel über 1400 m hinauf. Bisher ist es den Bauern in Götzens noch gelungen, ihr Dorf und ihre Felder durch eine mächtige, bis 15 m hohe Steinmauer zu schützen und den Wildbach östlich entlang dem Berghange abzuleiten.

Der nördliche (Gschnitzer) Abhang des Nößlacher Joches ist bis weit hinauf mit altem, oberflächlich verwachsenen Moränenschutt bedeckt, der bedeutende Mächtigkeit besitzt und wegen steiler Neigung des Gehänges murengefährlich ist. Während der Frühjahrs-Schneeschmelze saugt sich dieser Schutt voll Wasser und rückt langsam abwärts.

Insbesondere hat ein Schneefall Anfang Juli 1891 und das demselben folgende rasche Abschmelzen größere Erdschlipfe hervorgerufen, die jedoch bis zum Jahre 1894 noch keinen gefahrdrohenden Umfang angenommen haben.

Zu den Niedermuren gehören die Schuttströme, welche im Zauchentale (einem Paralleltale des obersten Ennstales) südwestlich von Radstadt in einem ausgedehnten Moränengebiet 1300 m hoch

entspringen; dasselbe bedeckt die ganze Vorlage der Radstädter Tauern, während weiter oben im Zauchentale Gehängeschutt auf steilgeneigter Unterlage ein nicht weniger gefährliches Ursprungsgebiet ist.

Man hat hier wie in dem Murengebiet des auf den Abb. 6 und 7 dargestellten Finsterbaches das Gefälle im Talwege durch einige massiv im Bachbette aufgemauerte Stufen unterbrochen; Hand in Hand hiermit ging die Befestigung der Abrutschstellen durch Weidengeflecht und die Anschonung. Durch diese Maßnahmen wurde der Schotter zum Teil im Gehänge zurückgehalten, zum Teil im Bachbett zur Ablagerung veranlaßt.

Im Zauchentale erfolgte der letzte Ausbruch am 2.—5. August 1895 infolge andauernden Regens. Nach der Verbauung von 1895 und 1896 trat 1897 keine größere Verheerung ein, während gleichzeitig der wenig entfernte Mandlingbach bei der gleichnamigen Station den Eisenbahndamm fortriß und das Ennstal weithin vermurte.

Daß bei Anwendung der entsprechenden Geldmittel und Befolgung des im Dauphiné erprobten Systems auch die gefährlichsten Niedermuren verbaut werden können, dafür liefern u. a. die bei Oberdrauburg und Kötschach im Gailtale erzielten Erfolge den Beweis.

Bei allen, selbst den gefährlichsten Formen der Niedermuren ist eine Verbauung dadurch erleichtert, daß in dem verhältnismäßig kleinen Niederschlagsgebiet die Menge des fallenden Regenwassers gering und die Möglichkeit einer steten Beaufsichtigung gegeben ist; ebenso sind die durch die Schneeschmelze drohenden Gefahren unten im Tal wesentlich vermindert.

Eine eigenartige, an Bergschlipfe und Gehängeschutt erinnernde Form der Bodenbewegung hat M. Friedrich*) aus Zentralasien beschrieben.

Zwischen der Baumgrenze (2800—3000 m) und der Firngrenze (3500—3900 m) schiebt sich im Tianschan ein breiter, in den Alpen fehlender Schuttgürtel ein. Der aus groben, eckigen Gesteinstrümmern bestehende Gehängeschutt wird hier von Wasser durchtränkt und gleitet als ein murenartiger Schlammstrom langsam zu Tal. Der Schutt erhärtet als unvollkommen geschichtete Ablagerung oft in geneigter Stellung.

---

*) Forschungsreise in dem zentralen Tianschan ꝛc. Hamburg. Vgl. vor allem die Besprechung F. v. Richthofen in Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde, Berlin 1905, S. 306.



Abb. 6. Verbaute Bruchfläche am Finsterbach (Schnittenbachgebiet Salzburg). Vollendung der technischen Arbeiten 1888. Nach G. Strele.

D. Eigentümliche Ausbildungsformen der Muren.

Vulkanische Schlammströme und Eismuren. Abgesehen von den normalen Muren, finden sich eigentümliche Ausbildungsformen in gletscherreichen Gebieten und in lockeren, vulkanischen Aschenschichten: Eismuren entstehen dort, wo infolge irgend eines äußeren Anstoßes (Erdbeben von Achury, Unterspülung der Gletscherbasis des Altels, Wasseransammlung innerhalb eines Gletschers) ein Gletschersturz eintritt und die aus Eis, Wasser, Erde und Blöcken bestehende Masse mit elementarer Gewalt losbricht.



Abb. 7. Verbaute Bruchfläche im Finsterbach (Salzburg).
Vollständig zugewachsen im Jahre 1896. Nach G. Strele.

Vulkanische Schlammströme bilden sich durch die häufig eine Eruption begleitenden starken Regengüsse oder durch das Schmelzen des Gletscherschnees hoher Vulkanberge vor einem Ausbruch; die losen Aschen- und Staubmassen, welche die tätigen Vulkanberge vorwiegend zusammensetzen, bilden das Material.

Das bekannteste Beispiel einer vulkanischen Schlammkatastrophe ist die Verschüttung von Herculanum (s. Band I). Ähnliche Erscheinungen sind mehrfach in den Anden Ecuadors beobachtet worden, wo als Vorbote eines vulkanischen Ausbruches der Firn plötzlich

schmolz und die Wassermassen auf ihrem Wege talabwärts sich durch Aufnahme vulkanischer Asche in einen Schlammstrom umwandelten. Auch dem Ausbruche des Mont Pelé und des Soufrière auf St. Vincent (Band I) folgten verheerende vulkanische Schlammfluten. Verschieden von diesen Folgeerscheinungen, welche durch Regen und Wolkenbrüche verursacht werden, sind die Schlammeruptionen, bei denen im Beginn eines Ausbruches der Inhalt des Kratersees herausgeschleudert wird und die Abhänge überflutet. In dieser Weise wurde der Étang-Krater des Mont Pelé im Anfang Mai 1903 und gleichzeitig der Kratersee des Soufrière entleert (Band I).

In keiner Art katastrophenähnlich, aber für das Verständnis geologischer Vorgänge wichtig, erscheint die Umlagerung der Stirnmoränen an den Trafoiergletschern. Daß die losen, von den abschmelzenden Gletschern hinterlassenen Moränen auf steilem Gehänge ein für die Entstehung von Muren besonders geeignetes Material bilden, ist ohne weiteres klar und wird durch einen Blick auf das schöne Bild der Trafoiergletscher veranschaulicht. Zur Ablagerung von Moränen kommt es hier nirgends, abgesehen von einer in der Mitte rechts oben hervortretenden Seitenmoräne. Der gesamte, sonst als Stirn- und Grundmoräne abgesetzte Schutt wird von den wildbachartigen Schmelzwässern talwärts geführt und als Schuttkegel am Fuß der Wände abgelagert (Band IV).

Als ein reiner Gletscherabbruch ist die in der Nähe des Gemmipasses erfolgte furchtbare Altelskatastrophe anzusehen, die in wenigen Augenblicken ein blühendes Alpental in eine Eiswüste verwandelte. Der Ort des Ereignisses ist ein Hochtal von 2 km Länge und 1 km Breite, begrenzt im Osten durch das Massiv des Altels, des Balmhorns und des Rinderhorns, im Westen durch einen die Talsohle nur um 300 m überhöhenden Felsgrat, der vom Gallihorn gegen die Weiße Fluh hinzieht. Am 11. September 1895 löste sich ein Teil, etwa zwei Drittel des Daches, von dem Hochfirn, welcher dem Altels sein bezeichnendes Aussehen verleiht, und stürzte, in seinem Lauf alles verheerend und verwüstend, talwärts. Die Sturzhöhe wurde mit rund 13—1400 m gemessen. Die stürzende Masse betrug 4 Millionen cbm. Die Ursache der Katastrophe liegt wesentlich in dem vorhergegangenen abnorm warmen Sommer: Sickerwässer unterhöhlten den Firn, und die geringe Reibung über dem glatten, nur von wenigen Schieferbänken durchzogenen Kalk war nicht imstande, dem enormen Gewicht der abwärts dringenden Firnmasse standzuhalten. Die Wucht des Sturzes muß gewaltig gewesen

sein. Der der Sturzbahn gegenüberliegende, die Talsohle um ca. 300 m überragende Gallihorn-Weißfluhgrat war vollkommen mit Schutt und Eistrümmern bedeckt, der 4 Jahre später, als ich die Stelle besuchte, noch großenteils vorhanden war. Bereits gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hat, wie die Nachforschungen ergeben, ein ähnlicher Absturz dasselbe Hochtal betroffen.

Wahrhaft ungeheuerliche Formen nehmen die murenartigen Hochwasserfluten dort an, wo durch einen Gletscher der Hauptbach abgesperrt wird und der Stausee sich nach Durchnagung der Sperre verwüstend über die Fluren und Dörfer des Tales ergießt.

Die berühmtesten Beispiele aus den Alpen sind die bekannten Vorstöße des Vernagtferners im Ötztal und die Rückzugsbewegungen der Gletscher des Martelltales im Ortlergebiet, welche ganz ähnliche Aufstauungen hervorriefen.

Der Langen- und der Zufallferner im obersten Martelltal waren vor dem allgemeinen Gletscherrückgang vereinigt und bedingen jetzt in ihrer Trennung dieselben Stauungserscheinungen, wie der Vernagtferner während seines Vorstoßens. Der Zufallferner staut die Abflüsse des Langenferners derart zu einem Eissee auf, daß die Wassermassen periodisch durch Gletschertore des ersteren ausbrechen und verheerende, murenartige Hochfluten im Martell- und Etschtal zur Folge haben.

Am Ende des Frühlings, wenn in höheren Lagen die Schmelzung des Winterschnees am ergiebigsten ist (11. Juni 1888; 5. Juni 1889) tritt urplötzlich ohne irgendein atmosphärisches Ereignis, bei heiterem Himmel ein mächtiges Wachsen des Talbaches der Plima ein; der Bach wächst über das gewöhnliche Hochwasser hinaus und sinkt nach einer halben Stunde in sein Bett zurück, nicht ohne tiefgreifende Spuren zu hinterlassen. Neuerdings ist durch zweckmäßige Anlage einer Talsperre weiteren Gefahren vorgebeugt.

Die furchtbarsten Ausbrüche, von denen wir Kunde haben, betreffen das Achurytal am Großen Ararat und den Devdorokgletscher am Nordostabhange des Kasbek im zentralen Kaukasus.

Die durch den 1832er Ausbruch des Devdorokgletschers in Bewegung gesetzten Schuttmassen, die hausgroßen Felsblöcke, welche in der kalten „Lava“ talab geschafft wurden, finden ihr Analogon nur in den Moränen und Findlingen der Eiszeit. Weit oberhalb der heutigen Grusinischen Heerstraße bemerkt der Wanderer noch jetzt, 1904, am Gehänge einen Weg, der den bis 90 m Höhe auf-

gedämmten See umging und unterhalb des Staudammes steil in das Tal hinabführt.

Eine Ausfüllung des Terektales bis zur Maximalhöhe von 90 m und eine Vermurung des Talbodens bis zur Länge von 2 km, den Transport von 15 Millionen cbm fester Stoffe, darunter des berühmten Yermolow-Blockes bei Tars (mit einem Inhalt von 5655 cbm), das sind die Wirkungen der größten Eismure, von der wir aus historischer Zeit Kunde besitzen. Wohl ebenso erstaunlich ist die Erosionskraft des Terekflusses, der in etwa 70 Jahren den Damm bis auf wenige Reste beseitigt hat.

Die Vorgänge der Aufdämmung sind dieselben wie bei den Ausbrüchen des Vernagtferners. Der bei 3600—3900 m beginnende und bis 2300 m hinabreichende, 2300 m breite Devdorokgletscher dehnt sich während einer Vorstoßperiode bis zur gegenüberliegenden (linken) Seite des in den Terek mündenden Kabakhitales aus. Eine lokale Verengerung von 350 auf 30 m macht die Aufdämmung möglich. Die oberhalb des Eisdammes gesammelten Schmelzwässer des Gebirges brechen schließlich durch und bilden eine aus Wasser, Eis, Schlamm und Blöcken bestehende Hochflut, die zunächst den Terek zu einem zweiten See staut und dann zum zweiten Male ausbricht.

An Großartigkeit findet dieser Ausbruch nur in der Eismure von Achury am Ararat ein Seitenstück.

Auch hier verursachte die Aufstauung und der Ausbruch eines Sees die furchtbarsten Verheerungen. Ich kann aus eigener Anschauung beider Gegenden hervorheben, daß die Oberflächenformen des Berges auf eine Periodizität des Ereignisses hinweisen. Der halbkreisförmige, von Gletschern umsäumte Einriß des Jakobstales am Ararat ist der gewaltigste Einschnitt auf dem östlichen und nördlichen Gehänge des stolzen Berges; der bis Aralych reichende, enorme Schuttkegel besitzt eine der Tiefe der Schlucht entsprechende Breite und kann nur durch häufig wiederholte Ausbrüche gebildet worden sein. Der größte, auf etwa 6—7000 cbm geschätzte Felsblock, welcher von der aus Eis, Schlamm und Wasser bestehnden Masse mitgerissen wurde, entspricht in seinen Verhältnissen ungefähr dem genau gemessenen Yermolowsteine des Terektales; in diesem Gewicht scheint also eine Art von Maximalgrenze der von Eismuren bewegbaren Blöcke zu liegen.

Eine ganz andere Grundursache, die Ansammlung einer Wassermasse inmitten des Gletschereises, liegt der Katastrophe von

St. Gervais zugrunde; die hauptsächliche Überschwemmung und Vermurung ist allerdings auch hier durch Verstopfungen innerhalb des Abflußkanals und den Ausbruch der aufgestauten Wasser und Schlammengen verursacht worden.

Das Bad St. Gervais, westlich vom Mont Blanc, wurde am 12. Juli 1892 von einer furchtbaren, Schlamm und Steine in Masse herabführenden Wasserflut verheert. Ein kleiner, im Rückzug begriffener Gletscher an der Tête Rousse hat durch einen merkwürdigen, in einer Höhe von 3200 m erfolgten Abbruch den ersten Anstoß zu der furchtbaren Verheerung gegeben. Acht Tage nach dem Ausbruche fand man an der Stirnseite des Gletschers eine fast senkrechte Eiswand von 40 m Höhe, die einen Halbkreis von ca. 100 m im Durchmesser bildete. In der Mitte der Wand lag eine Höhle, eine Art Gletschertor von 20 m Höhe und 40 m Breite, aus der das Wasser hervorgebrochen war. Die Masse des aus dem Gletscher herausgeströmten Wassers wird auf 100 000 cbm, die abgebrochene Eismasse auf beinahe ebensoviel (90 000 cbm) geschätzt. (Einer Wiederholung der Katastrophe wird dadurch vorgebeugt, daß die im Inneren des Gletschers immer von neuem entstehenden Wasseransammlungen angebohrt und abgezapft werden. Die Kosten der Bohrungen haben bis zum Sommer 1904 schon 1 Million Mark überschritten.)

Unterhalb des ersten unbeschädigt gebliebenen Dorfes Bionnassay folgt die enge, 2—3 km lange, durchschnittlich unter 16° geneigte Schlucht. Hier erfolgte die stärkste, bis auf den Steingrund hinabreichende Erosion und andererseits, besonders am Ausgange der Schlucht, vorübergehende Stauungen, welche ein Ansteigen der Muren bis auf 30—35 m Höhe bedingten.

Trotzdem wurde das unterhalb der Schlucht liegende Dorf Bionnay nur zum Teil zerstört. Aber weiter abwärts folgt eine zweite Enge, die Schlucht von St. Gervais, wo eine zweite Stauung und der zweite von der größten Zerstörung begleitete Durchbruch erfolgte.

D. Die Bedeutung der Muren für die Oberflächenform des Gebirges.

Die in der Gegenwart glücklicherweise seltenen Erscheinungen der Eismuren wurden an der Hand vorliegender Berichte und eigener Beobachtungen eingehender gewürdigt, da sie das Verständnis der Vorgänge der Vergangenheit vermitteln. Die erheblichen Schwankungen der Gletscher, die Vorstoß- oder Rückzugsbewegungen werden häufig von murenartigen Gletscherstürzen begleitet; die Katastrophen des

Altels, des Martelltales und des Tête Rousse-Gletschers erfolgten bei rückschreitender, die des Devdorok- und Vernagtgletschers bei vorschreitender Bewegung der Eismassen. Bei stationärem Gletscherstand sind derartige Ereignisse niemals beobachtet worden. Das in mannigfachen Ruhepausen und gelegentlich erneuten (postglacialen) Vorstößen unterbrochene Abschmelzen der diluvialen Riesengletscher dürfte also von zahlreichen Ausbrüchen von Eismuren begleitet gewesen sein.

Ebenso ist die Zeit nach dem Abschmelzen der Gletscher durch größere Häufigkeit der eigentlichen Wildbäche gekennzeichnet.

Der Rückzug der großen Gletscher hat die Alpen in einem Zustande schauerlicher Verwüstung gelassen, der größte Teil des Gebirges dürfte dem Bilde entsprochen haben, welches Finsterwalder angesichts des verlassenen Bettes des Vernagtgletschers mit bezeichnenden Worten entrollt: „Über 2 km weit zieht sich ein breites, felsdurchsetztes Schuttfeld von abschreckender Öde und Wildheit empor. . . . . Bei anhaltendem Regen kommt unheimliches Leben in die starre Landschaft. Muren durchfurchen die abschüssigen Schutthalden, losgewordene Moränenblöcke rollen zu Tal und am Abbruch der Zwerchwand sausen zahllose Felstrümmer hernieder und schlagen mit lautem Getöse auf den Blockhalden auf. Im Frühsommer, zur Zeit der Schneeschmelze, ist hier kein Fußbreit Boden, über den nicht Lawinen fegen."

Vergleicht man die gewaltige Ausdehnung der Schuttkegel in den Alpentälern mit der Häufigkeit der Murbrüche in der Gegenwart, so ergibt sich die naheliegende und schon häufig hervorgehobene Folgerung, daß die Mehrzahl der Schuttkegel in ihrer Entstehung und ihrem hauptsächlichen Wachstum älter sind, als die geologische Jetztzeit: Die jeweilig von den einstigen Riesengletschern verlassene Zone des Gebirges zeigte in gewaltiger Vergrößerung das Bild des von dem Vernagtgletscher verwüsteten Landes und bot somit die besten Vorbedingungen für die Entstehung der Muren. Erst nachdem der in labilem Gleichgewichte auf dem Gehänge zurückgelassene Gletscherschutt durch Wildbäche in die Tiefe geschafft und in Kegelform abgelagert war (Abb. 5, Ötzer Mure), bot sich die Möglichkeit der Entstehung einer zusammenhängenden Pflanzendecke, von Wiesen und Wäldern. Andererseits enthalten die Schuttkegel der großen Alpentäler den besten, sumpffreien Boden und tragen bei weitem die Mehrzahl der menschlichen Ansiedelungen, wie der Augenschein ebenso wie die statistische Zusammenstellung lehrt. Die soeben

geschilderten Ereignisse gehen in ihren Ursprung zum Teil auf den Vulkanismus (Band I), zum Teil auf die Tätigkeit der Gletscher (Band IV) zurück und hängen andrerseits auch mit der normalen Talbildung zusammen; doch ist allen die Gewaltsamkeit der eigentlichen Wildbachkatastrophen gemeinsam.

Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich kurz in folgendem zusammenfassen:

I. In prähistorischer Zeit, während und nach dem Abschmelzen der diluvialen Gletscher, war die transportierende Tätigkeit der Muren eine der Vorbedingungen für die Festlegung der beweglichen Schuttmassen, für die Entstehung einer Pflanzendecke und somit für die spätere Besiedelung des Gebirges.

II. 1. Die hauptsächlichen und dauernden Verwüstungen verursacht im Gebirge weniger das Hochwasser, als vielmehr die von demselben bewegten Schuttmassen.

2. Die das Wasser bindende Kraft eines gutgepflegten Waldes ist nur für die regelmäßigen Schmelzwasser- und Regenperioden ausreichend, außergewöhnlichen Hochfluten gegenüber fast belanglos.

3. Die Zurückhaltung des Gebirgsschuttes an seinen ursprünglichen Lagerungsstätten oder an geeigneten Stellen der Täler ist die Hauptaufgabe der technischen Regulierung.

4. Hierfür ist — abgesehen von den notwendigen baulichen und forstlichen Erwägungen — in erster Linie die vollständige Kenntnis der vorhandenen Schuttmengen oder, mit anderen Worten, eine möglichst genaue geologische Aufnahme des Gebirges notwendig.

II. Vortrag.

Talbildung.

Geschwindigkeit der Strömung.

Während die Wildbäche auf das Hochgebirge beschränkt sind, arbeitet die Talbildung und Erosion überall, mit Ausnahme der Wüsten, an der Abtragung der Kontinente. Für die Arbeit der Erosion ist vornehmlich die Geschwindigkeit der Strömung von wesentlicher Bedeutung; die Geschwindigkeit hängt von der Wassermasse und der Neigung des Bodens ab.

Innerhalb desselben Flusses vermindert die Reibung der Ufer



Abb. 8. Der Voringsfos in Westnorwegen.
Das Tal ist in die ursprüngliche Oberfläche des Landes eingeschnitten (erodiert).
Nach Photographie von Hans Reusch.

die Bewegung derart, daß die größte Geschwindigkeit in der Richtung der größten Tiefe und ein wenig unterhalb der Oberfläche zu suchen ist.

Die mittlere Geschwindigkeit ist ungefähr = $^4/_5$ des Betrages der raschesten Fortbewegung.

Die mittlere Geschwindigkeit einiger größerer Flüsse ist nicht ohne Interesse.*)

Ströme	Schnelligkeit in Metern in der Sekunde.
Seine bei Paris, Mittelwasser	0,50 m
Rhone, Mittelwasser	0,40 bis 1,50 m
„ Hochwasser	4,00 bis 5,00 m
Rhein bei Straßburg, Niederwasser	1,50 m
„ „ Mittelwasser	2,13 m
„ „ Hochwasser	2,85 m
„ von Straßburg bis Köln	1,54 m
Nil	1,54 m
Ganges	1,54 m
Mississippi	1,25 bis 1,50 m

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Geschwindigkeit von $1^1/_2$ m in der Sekunde etwa der Fortbewegung eines guten Fußgängers und ebenfalls der mittleren Stromgeschwindigkeit der meisten großen Ströme entspricht.

Die anschaulichen Bilder der einfurchenden und aushöhlenden Tätigkeit des fließenden Wassers umschließen nicht die gegliederten

*) Lapparant: Traité I S. 177 unten.



Abb. 9. Ein Wasserriß im südlichen Deutsch-Westafrika.
Beispiel der tiefeinschneidenden Erosion der tropischen Regen in einem Hochland.
Nach Maurer in „Geographische Zeitschrift IX".

Faltengebirge, sondern die Hochflächen: Die unverwitterten nordischen Urgebirge (Abb. 8), die stark zersetzten Gneiße der Tropen (Abb. 9) und die flach lagernden Kalke des Mittelmeergebietes (Abb. 10) zeigen übereinstimmende oder sehr ähnliche Bilder aus dem Ursprung der Wasserläufe.

Wasserfälle.

Wasserfälle sind stets ein Beweis für die Jugendlichkeit des Talsystems. Die Erosion arbeitet auf die Herstellung einer nach oben steiler, nach unten flacher werdenden Gefällskurve hin.

Der Wasserfall stellt die Vorstufe dar, aus dem die Erosion durch Erniedrigung des Oberrandes und Anhäufung eines Schuttkegels allmählich eine Kurve zu bilden strebt.

Wasserfälle erhalten sich vorwiegend am Rande großer



Abb. 10. Erosionsschlucht der Wadi el Kelt mit dem Saumpfad von Jerusalem nach Jericho. Der Einschnitt zeigt die flachlagernden Schichten des Kreidekalkes von Palästina. Nach Th. Fischer in „Geographische Zeitschrift II".

Plateaus, so in Nordamerika und vor allem in Afrika. Außerdem werden Wasserfälle durch eine Gletscherbedeckung erneut hervorgerufen, die das normale Abflußsystem unterbricht und vor allem durch Vertiefung der Haupttäler Höhenunterschiede schafft.

Eine Vergletscherung zerlegt — ähnlich wie der Ingenieur das Bett eines Wildbaches (Abb. 4) — die Kurve des Wasserlaufes in Steilstufen mit Wasserfällen und in flache Strecken mit geringem Gefälle oder Seenbildung.

Man kann hiernach die Wasserfälle teilen in:

I. Plateau-Wasserfälle; solche können auftreten:

a) in unvergletscherten Gebieten. Hierher gehören als großartigstes Beispiel die Viktoriafälle des Sambesi; ähnliche, weniger großartige Fälle oder Stromschnellen finden sich in allen afrikanischen Flüssen dort, wo der Übergang aus dem Hochland in die Küstenebene erfolgt. Die Katarakte der Nil, die von einer Eisenbahn um-

gangenen Stromschnellen des Kongo und die des Niger haben somit den gleichen Ursprung.

b) Zu den Wasserfällen vergletscherter Hochflächen gehört als großartigstes Beispiel der Niagara (s. Titelbild) und all die zahlreichen meist zu Industriezwecken abgeleiteten Fälle des nördlichen Nordamerika (Rochester, St. Paul u. a.).



Abb. 11. Liechtensteinklamm im Pongau (Kalk-Glimmerschiefer). Nach Photographie.

II. **Gebirgswasserfälle** finden sich:

a) in Faltungsgebirgen jugendlicher Entstehung als deutlicher Hinweis auf junge Hebungen oder Senkungen. Hierzu gehören der berühmte Fall des Anio bei Tivoli und des Velino bei Terni sowie die zahllosen Fälle am Abfall der **mexikanischen Sierren**, deren obere plateauähnliche Begrenzung durch jüngere Aufschüttung von Alluvien und vulkanischem Schutte gebildet wird.

b) In vergletscherten Hochgebirgen werden besonders durch die Schmelzwasser der verschiedenen Eismassen die Haupttäler tief eingeschnitten, so daß die Nebenbäche über eine hohe Schulter hinabzustürzen gezwungen sind. Der Staubbach am Lütschinental des Berner Oberlandes ist das berühmteste Beispiel. Sobald sich die Nebenbäche in die Schulter einzusägen beginnen, entstehen die **Klammen**, die zum Teil kurz sind (Liechtensteinklamm [Abb. 11],

Pongau-, Alm- und Wimbachklamm bei Berchtesgaden), z. T. aber auch schon ein längeres Bett mit steilen Wänden eingeschnitten haben (Via Mala im Oberrheintal).

Je wasserärmer die Nebenbäche sind und je länger der Winter dauert, um so günstiger sind die Vorbedingungen für Erhaltung der Wasserfälle. Ein großer Teil der norwegischen Fälle (so die sieben Schwestern am Sogne Fjord) gehören zu diesen Typen (Abb. 8 zeigt das tiefere Haupttal, zu dem die Nebenbäche als Wasserfälle hinabstürzen).

Strudellöcher oder Riesenkessel sind die am Fuß von Wasserfällen oder Stromschnellen durch härtere Rollsteine ausgebohrten Vertiefungen; sie sind häufig in Gletscherbächen und noch häufiger am Fuße von Wasserfällen, die das Kennzeichen unvollendeter Erosion sind. Strudellöcher können auch an Brandungsküsten entstehen und fehlen im Bereiche der Wildbäche.

c) Zu den Gebirgswasserfällen in vergletschertem Lande gehört auch der Rheinfall bei Laufen, der dem Hauptstrom selbst angehört. Sein Ursprung beruht auf der Verlegung des Rheintales nach der Eiszeit. Das alte Flußbett war durch Sedimente der Eiszeit erfüllt, so daß der Strom sich ein neues Bett suchen mußte. Zahlreiche skandinavische Fälle ensprechen diesem Typus.

Deltabildung.

Die großen Flußsysteme bilden zuweilen ein wiederholtes Abbild der kurzen Wildbäche, da auch hier im Oberlauf, d. h. dem Gebirge die Abtragung, im mittleren Teile der Transport, und im Unterlauf der Absatz der losgerissenen Gesteinsteile vorherrscht. Die Gebiete vorherrschender Sedimentbildung entsprechen häufig den alpinen Randseen (wie Bodensee oder Genfersee), welche die Schuttkegel des Rheins und der Rhone auf ihrem Grunde beherbergen und sich somit langsam aber stetig anfüllen. Noch großartiger ist die Sedimentbildung an den Mündungen großer Ströme, die sich als Deltas in die Fluten des Ozeans hineinbauen. Die gewaltigsten Beispiele der Deltas sind die des Nils und des Mississippis. Die Vorbedingung für Deltabildung ist das Fehlen der Uferströmungen sowie der Schutz der Sedimente durch Nehrungen; besonders bei Hebung des Landes ist die Möglichkeit der Sedimenthäufung gegeben. „Negative Deltas" entstehen dagegen bei steigendem Meere, d. h. das Meer tritt in die Flußmündungen ein, welche sich trompetenförmig erweitern und eine — im Verhältnis zum Wasserreichtum des Flusses — ungewöhnlich breite Wasserfläche zeigen. Die

bekanntesten Beispiele bilden die Flußmündungen in Ostamerika, so die „Mündungstrichter" des Hudson und Potomac. Ein ähnliches Bild zeigen die Mündungen der Elbe, Weser, Themse und Seine. Für die Zugänglichkeit des Landes sind die erweiterten Flußmündungen mit den Welthäfen, wie Hamburg, London und New York von größter Bedeutung, während in den positiven Deltas die Häfen versanden; im Po-Delta zeigt das Schicksal des antiken Adria, des späteren Ravenna und am Beginn der Neuzeit der verschlammende Hafen von Venedig die ablagernde Tätigkeit des Po.



Abb. 12. Der Keiler Hals, die Mäanderschlinge des Moseltales bei Bullay. Nach Photographie.

Für die Betrachtung der Flußtäler ist einerseits das Querprofil des Tales, andererseits das Kartenbild und das Längsprofil von Wichtigkeit.

Die Erörterung der Längsprofile oder des kartographischen Verlaufs eines Flußteiles greift tief in die Fragen der Gebirgsbildung ein, während das Querprofil, d. h. die Frage des Vorhandenseins oder Fehlens von Flußterrassen, durch die Wassermenge und die Neigung des Flußbettes bestimmt wird.

Mäanderbildung der Flüsse. Unabhängig von diesen beiden großen Fragen ist die Beobachtung, daß Flüsse und Bäche gerade dort, wo man den gleichmäßigsten und geradesten Lauf erwarten sollte, die meiste Neigung zu Bogenlinien, den sogenannten Mäandern aufweisen.

Kein Fluß besitzt in der genauen geometrischen Mittellinie die größte Tiefe und die größte Wassergeschwindigkeit, vielmehr wird stets jede noch so geringe Verschiedenheit des Materials der Wände eine geringe seitliche Ablenkung hervorrufen.

Ist diese Ablenkung einmal erfolgt, so arbeitet der Fluß in der eingeschlagenen Richtung weiter, d. h. an der konvexen Seite immer unterwühlend und vertiefend und an der konkaven Seite ablagernd.

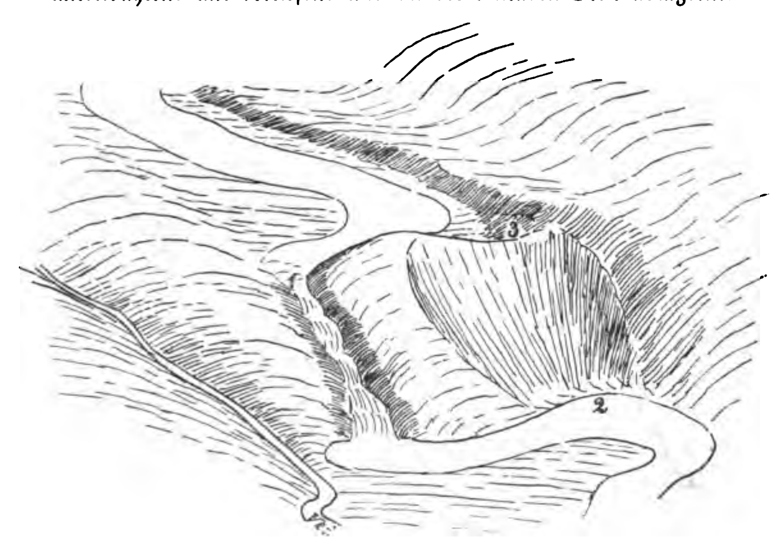


Abb. 13. Schematische Darstellung der Umgebung von Kärfos (Norwegen), vor dem 12. September 1893. Nach Photographie von Hans Reusch. Im festen Gestein (2, Abb. 13.) geht die Abtragung langsam, im Ton (3, Abb. 13) schnell vonstatten.

Die am tiefsten ausgekolkte Stelle ist dann immer dem konvexen Ufer genähert, während an der anderen Seite das Flußbett sanft ansteigt. Diese Erscheinung der Flußkrümmungen ist stets dort zu beobachten, wo das Gestein gleichmäßige Härte besitzt und Brüche fehlen, die dem Flusse seinen Lauf vorschreiben könnten. Die gleichmäßig zusammengesetzten Lehm- und Torfmassen der tieferen Flußtäler haben auf die Mäanderbildung denselben Einfluß im kleinen, wie die ebenso gleichartig aufgebauten Gebirgsschichten des rheinischen Schiefergebirges im großen. Die Schleife des Mäanders wird allmählich immer weiter geschwächt und schließlich

durchnagt; die Abbildungen 13—16 veranschaulichen zugleich die Massenwirkung, welche die Erosion unter günstigen Umständen entfaltet.

Wer mit dem Dampfer den Moselstrom hinauffährt, kann oberhalb von Bullay eine solche Schleife zu Fuß abschneiden; der kurze Weg über den Reiler Hals (Abb. 12) nimmt trotz des Höhenunterschiedes von ca. 200 m viel weniger Zeit in Anspruch, als der Dampfer

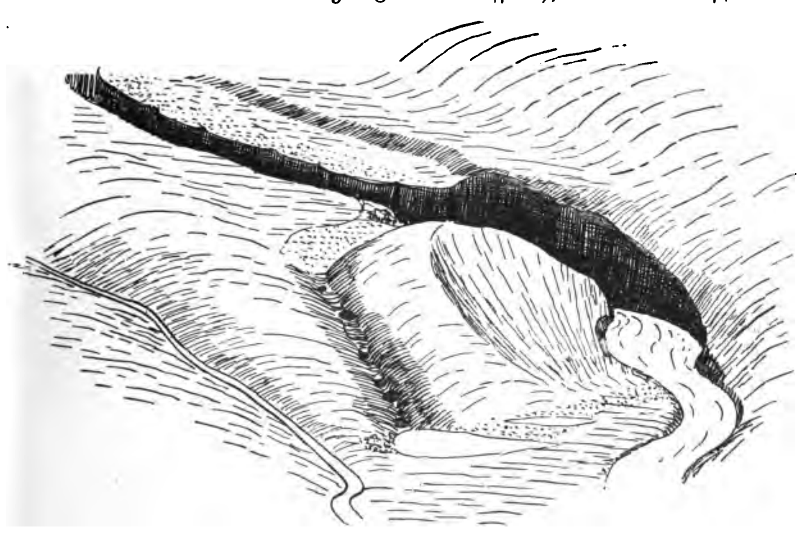


Abb. 14. Schematische Darstellung der Umgebung von Bärfos (Norwegen), nach dem 12. September 1893. Nach Photographie von Hans Reusch. Erst bei 2 lag festes Gestein; der schmale Rücken (3) verlor immer mehr an Widerstandskraft, bis am 12. September bei einem Hochwasser die Überflutung des Rückens erfolgte. Aus einer kleinen Wasserader wurde binnen einer Stunde ein breiter reißender Fluß (3—2). Das frühere Bett (1) wurde trocken gelegt.

gebraucht, um die gewaltige Krümmung auszufahren. Ein ganz anderes Bild als das der Schleifen und Krümmungen in der alten Rumpfmasse der Schiefer bietet das Rheintal unterhalb von Bonn. Während im Gebirge Rheinschotter in 100 bis 200 m Höhe einen früher höheren Wasserbestand des Flusses anzeigen, begleiten von Bonn abwärts weithin die aus Sand und Schotter aufgebauten Terrassen in mehrfacher Wiederholung den Lauf des Stromes. Jeder Terrasse entspricht eine Zeit stärkerer Abtragung im oberen und Anhäufung (Sedimentation) im unteren Lauf des Flusses.

Die Einfurchung erfolgt in einer Periode geringeren Wasserreichtums.

Terrassen-, Hoch- und Niederwasser.

Die Gründe für die Terrassenbildung sind größtenteils im Wechsel verschiedener klimatischer Perioden zu suchen. Eine Epoche

Photographische Darstellung der rückwärtsschreitenden Erosion von Hårfos, nach dem Durchbruch des 12. Septembers 1893.



Abb. 15. Beginn der Erosion oberhalb des Hårfos 1894.

Abb. 13—16. Ein Beispiel des Durchnagens der Krümmung: Vor dem 12. Sept. 1893 floß der Hårfos (b. Trondhjem) in einem sanft geneigten Tälchen, das in marinen Ton eingefurcht war. (Ebenso wie Abb. 13 u. 14 nach den von Hans Reusch freundlichst zur Verfügung gestellten Bildern.)

stärkerer Niederschläge (Pluvialzeit) bewirkt eine stärkere Erosion des Flusses im Oberlaufe und gleichzeitig eine Akkumulation der transportierten Bestandteile im Unterlaufe. Eine auf die Pluvialperiode folgende Zeit schwächerer Niederschläge zwingt den Fluß, sich in seine Anhäufungen einzuschneiden, mehrmalige Wiederholung dieses Vorganges bedingt die Terrassenbildung.

Dem Hochwasser eines Flußbettes entspricht ein ausgedehnteres, vielfach Terrassenbildungen entsprechendes Bett, während das Niederwasser sein Bett in den Terrassen des hohen Wasserstandes ausgeschürft hat.

Die Frage, ob den Gefahren des Hochwassers durch Eindeichung oder durch Anlage von Stau- oder Sammelbecken zu begegnen sei,

Photographische Darstellung der rückwärtsschreitenden Erosion des Bärfos, nach dem Durchbruch des 12. September 1898.



Abb. 16. Die auf Abb. 15 wiedergegebene Stelle 1897.
Die Einfurchung in dem Ton (3, Abb. 13) ging sehr rasch vor sich, bis der Fluß 4 km oberhalb 2 (Abb. 13) wieder festen Fels erreichte.
Nach Photographie von Hans Reusch.

darf nicht allein mit Rechnungen entschieden werden, sondern muß vor allem mit den verschiedenen geologischen und meteorologischen Verhältnissen rechnen.

Selbstverständlich darf man nicht den Versuch machen, das Hochwasser eines Hauptstromes in seinem Mittellauf auffangen zu wollen. Staubecken müssen vielmehr in größerer Zahl am Ursprung

der einzelnen Nebenflüsse angelegt werden und haben sich sogar in den schlesischen Gebirgen mit ihren heftigen Sommerhochwassern gut bewährt (so die Queistal-Sperre bei Marklissa im Sommer 1907).

Der Wechsel niederschlagsreicher und niederschlagsärmerer Zeiten, und zwar im Zeitraum von etwa 35 Jahren ist neuerdings durch eine bemerkenswerte Kombination verschiedenartiger Beobachtungen sichergestellt worden. Man hat beobachtet, daß dem Höhenstande des Wassers in Binnenseen eine Vorstoßperiode der Gletscher, sowie eine schlechte Getreide- und Weinernte entspricht (siehe Band II). Alle drei Vorgänge werden durch die Zunahme der Niederschläge bedingt, die sich ca. alle 35 Jahre in ziemlicher Regelmäßigkeit wiederholt. Doch geben uns diese kleinen noch dazu durch Ausnahmen*) unterbrochener Schwankungen nur einen Begriff von der Möglichkeit des Wechsels, nicht aber eine tatsächliche Erklärung der Terrassenbildung größerer Ströme. Einen einschneidenderen Umschwung in der Niederschlagsmenge zeigt die Eiszeit und vor allem das Abschmelzen der gewaltigen Eismassen. Auf dies Abschmelzen folgte eine Zwischenperiode, welche in Europa wärmer und trockener war als die Gegenwart und auf die Übergangszeit wieder das kältere augenblickliche Klima.

Der Beweis für diese Zwischenperiode ist der Rückzug der alpinen Gletscher bis zu einem von der Gegenwart nicht allzu entfernten Stadium und ein erneutes Eindringen des Eises in die inneralpinen Täler. Die Herrschaft der wärmeliebenden Eiche in Skandinavien, welche der Eiszeit folgte und von der heutigen Kiefernperiode abgelöst wird, läuft den Schwankungen der Alpengletscher parallel. Die hohen und niederen Terrassen, welche auch außerhalb des vergletscherten Gebietes in Mitteldeutschland die Flußtäler umsäumen, dürften mit diesen Erscheinungen in Parallele zu setzen sein.

Für eine Verstärkung oder Abschwächung der Erosionstätigkeit ist endlich der Wechsel des Meeresniveaus von Wichtigkeit. Jedem Rückzug des Meeres muß eine intensive Ausfurchung im Unterlauf, jedem Ansteigen des Meeresspiegels eine Zunahme der Ablagerungen im Mündungsgebiet entsprechen. Die Eiszeit und ihr Abschluß war im Bereich der Nordsee von ausgedehnten Meeresschwankungen

*) Wir leben zurzeit in einer solchen Ausnahmeperiode; dem Gletschervorstoß am Ende der fünfziger Jahre hätte eine Periode nasser Jahre, d. h. schlechter Weinernten und ein bedeutender Gletschervorstoß Anfang der neunziger Jahre des verflossenen Jahrhunderts entsprechen müssen. Tatsächlich war das Umgekehrte der Fall.



Abb. 17. Cañon des Großen Coloradostromes im Staate Arizona.
(Einzelbild aus demselben Cañon, vgl. IV. Bd.) Nach Photographie.

begleitet, deren wichtigste die Abtrennung Großbritanniens vom Kontinente am Beginn der geologischen Gegenwart war. Auch hier sehen wir also einen weiteren Grund zur Erklärung der ausgedehnten Terrassen des Niederrheins.

An die Stelle der älteren „Katastrophen-Theorie", welche in den Tälern klaffende Risse und Spalten der Erdrinde sah, ist demnach zurzeit eine viel naturgemäßere Anschauung getreten, die der Erosion des fließenden Wassers den wesentlichsten Einfluß auf die Entstehung der Gebirgstäler zuerkennt.

Das großartigste Beispiel der tiefeinschneidenden Erosion eines Wasserlaufes zeigt der Cañon des großen Colorado im Staate Arizona (Abb 17). Das im Höchstbetrage 2000 m tiefe Strombett ist erst seit den letzten Hebungen des großen Plateaus, d. h. in den

letzten Perioden der Erdgeschichte ausgetieft, verdankt aber die außerordentliche Steilheit seiner Wände der Härte des Kalkes und Sandsteines sowie der Trockenheit des Steppenklimas, welche eine Abtragung der fast rechtwinkeligen „Schultern" sowie die Herstellung einer gleichmäßigen Böschung ausschließt. Ebenso zeigen die jungen Eruptivdecken des Yellowstone Parks (Abb. 18) und die Urgesteine der Royal George (Abb. 19) Erosionsrisse von wildem Steilfall, die auf dem Wechsel im Einschneiden und Unterwühlen der Abhänge beruht.



Abb. 18. Yellowstone-Cañon, in junge Eruptivdecken eingeschnitten. Nach Photographie.

Jedoch hat sich die Erosionslehre von Übertreibungen nicht freigehalten und den Einfluß von Gebirgsstörungen auf die Talbildung gänzlich geleugnet. Es gibt allerdings viele Täler, welche die verschiedenartigsten Schichten und Gebirgsstörungen quer durchschneiden und somit reine Erosionsgebilde sind.*) Bei anderen Talformen ist der Einfluß der tektonischen und petrographischen Verhältnisse um so deutlicher erkennbar. Allerdings hat auch hier das fließende Wasser die aktive Aufräumungsarbeit im wesentlichen vollbracht; aber ebensowenig läßt sich verkennen, daß die Richtung, in der das Wasser seine ausnagende Tätigkeit entfaltete, durch den Gebirgsbau vorgezeichnet war.

*) So das Quertal des Ombla bei Gravosa (vgl. I. Aufl. Abb. 17, Taf. II, S. 46).

Klassische Beispiele für derartige tektonische Haupttäler bilden die Flußläufe des Inn, der Gail, Drau und der oberen Save.

Nur selten zeichnen die Grabenbrüche*) der Erdrinde den Flüssen ihren Weg unmittelbar vor. Die Spalte des Toten Meeres, die im Norden vom Orontes, im Süden von dem Jordan durchflossen wird, der obere Rhein und das obere Neißetal sind die bekanntesten Beispiele derartiger talbildender Brüche. Die im älteren oder jüngeren Tertiär zwischen zwei Spalten abgesunkenen Streifen der Erdrinde zeichnen sich noch jetzt so deutlich im Antlitz der Landschaft ab, daß auch das fließende Wasser der vorgeschriebenen Richtung folgen muß.



Abb. 19. Royal Gorge (im Staate Colorado). Erosionsschlucht im Urgestein (Gneis u. Granit). Nach Photographie.

In ähnlicher Weise beruhen die großen alpinen Längstäler, Drau- und Savetal im Süden, Inn-, Saalach- und Ennstal im Norden auf Verschiedenheiten der Gesteinsbeschaffenheit in zwei aneinander grenzenden Zonen des Gebirges. Doch handelt es sich hier um einfache Störungen, nicht um eingebrochene Streifen. Während Save und Drau ihrer östlichen Richtung treu bleiben, wird die entsprechende Furche zwischen Kalk- und Schiefergebirge im Norden nacheinander von verschiedenen Flüssen benutzt. In scharfer

*) D. h. die zwischen zwei Verwerfungen in die Tiefe gesunkener Schollen. Vgl. I. Bändchen.

Umbiegung setzt sich an das Längstal ein Durchbruch des Kalkalpenwalles an; so folgt auf den breiten torferfüllten Boden des Ennstals der Durchbruch des Gesäuses, auf das langgestreckte Inntal zwischen Landeck und Wörgl das Quertal von Kufstein.

Die Durchbrüche der verschiedenen Flüsse durch den Wall der Kalkalpen wird man wohl in Übereinstimmung mit den meisten Forschern*) in eine Zeit versetzen, als die Zentralzone noch nicht durch die heutige tiefe Längsfurche von den nördlichen Alpen getrennt war. Abgesehen von diesem gemeinsamen Grundzug zeigt jeder einzelne Durchbruch einen verschiedenen Charakter. Das Quertal des Inn liegt an einer Stelle, wo die Intensität der Faltung abnimmt und die Kalkzone gleichzeitig nach Norden verschoben ist. Der Lauf der Chiemseer Ache entspricht der Scheide von zwei verschiedenen Bautypen der Kalkalpen: Im Osten die durch Brüche zerstückelten Hochflächen des Berchtesgadener Landes, des Hagengebirges und Dachsteins, im Westen die eng zusammen geschobenen Falten der nordtiroler und bayerischen Kalkketten. Der Lauf der Saalach ist durch eine ganze Reihe von Gebirgsstörungen bezeichnet, während das Tal der Salzach zwischen Werfen und Golling in keinerlei Abhängigkeit von dem inneren Bau des Gebirges steht. Andererseits ist eine der bemerkenswertesten Querstörungen in den nordöstlichen Alpen**) nicht durch die Ausfurchung eines Durchbruchstales bezeichnet.

Wenn also auch häufig die Anlage und Richtung der Täler durch den Gebirgsbau vorgezeichnet wird, so fehlt doch ebenfalls nicht selten jeglicher Zusammenhang. Die aktive Ausräumungsarbeit wird aber unter allen Umständen von dem Wasser selbst besorgt.

Der Fluß folgt nicht immer dem eigentlichen Bruche, sondern läuft zuweilen in geringer, 1—3 km betragender Entfernung von der geologischen Leitlinie. So ist die Gail fast 3—4 km südwärts in weicherem Schiefer hinabgeglitten, während der große Gailbruch jetzt hoch oben am nördlichen Gehänge verläuft.

Umgekehrt fließt die Drau in dem härteren Kalke, in welchem ihr durch die unterirdische Erosion vorgearbeitet war. Es beruht also das Abgleiten des Flusses vom Bruche das eine Mal auf der

---

*) Penck und Wähner; vgl. auch C. Diener, Mitteil. k. k. geogr. Ges. 1899, Heft 5.

**) Die Linie Strobl—Abtenau—Annaberg—St. Martin.

verschiedenen Härte und das andere Mal auf der Klüftigkeit der Grenzgesteine.

Talwasserscheiden. Ein anderes Bild gewährt uns der Ursprung der Drau. Wer über die moorigen Flächen des Toblacher Feldes dahinwandert, bemerkt plötzlich ein Schild, auf dem die k. k. politische Behörde dem verehrten Publikum die Lage des „Drau-Ursprungs" bekannt gibt, und eine solche ungewöhnliche Verlautbarung ist tatsächlich notwendig, da die Natur den Geographen hier im Stich läßt. Die Grenze zwischen Etsch und Donau (Rienz und Drau) ist ein flacher Schuttkegel, von dem das Wasser östlich dem Pontus, westlich der Adria zueilt.

Der Umstand, daß die südliche der großen südalpinen Längsfurchen sogar zu drei verschiedenen Flußsystemen, zu dem der Fella, Gailitz und Save gehört, ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Der nach der Save benannte Längsbruch bewirkt zunächst, daß die Wälle der Kalkalpen der Julischen Masse im Süden, die Karnische Hauptkette und die Karawanken im Norden durch eine Zone weicher, leicht verwitternder Schiefer getrennt werden, denen die Längsfurche entspricht. Die Wasserscheide von Save und Gailitz bildet eine unregelmäßige Hügellandschaft, welche aus den Anhäufungen des alten, längst verschwundenen Julischen Hauptgletschers besteht.

Die Gailitz folgt dem Längstal nur für eine kürzere Strecke und bricht dann nach Norden in einem tief eingerissenen Quertal durch, das die Grenze der Karnischen Alpen und Karawanken bildet und den nordalpinen Durchbruchstälern entspricht.

Die Wasserscheide zwischen Gailitz und Fella, von der aus die Pontebbana südwärts zum Tagliamento durchbricht, entspricht wieder dem Toblacher Feld. Ein unbedeutender Schuttkegel in der Gegend der Kärntner Ortschaft Saifnitz läßt auch hier die Wasser nach Ost und West abfließen; verschiedene niedrige Flußterrassen lassen erkennen, daß die Abflußrichtung hier mehrfach geschwankt hat.

Wo diese Schwankungen in lebhafterer Form vor sich gehen, spricht die Kunstsprache der Geographie von einem „Kampf um die Wasserscheide".

Das bekannteste und anschaulichste Beispiel umschließt die großartige Alpenlandschaft des Oberen Engadin. (Abb. 20.) Am Malojapaß endet die nordöstlich verlaufende flache Talfurche des obersten Inntals mit einem steilen, zum oberen Bergell hinabführenden Absturz. Oder genauer gesagt: Die Maloja ist kein Paß im gewöhnlichen Sinne, keine Einsattelung eines Bergzuges, sondern

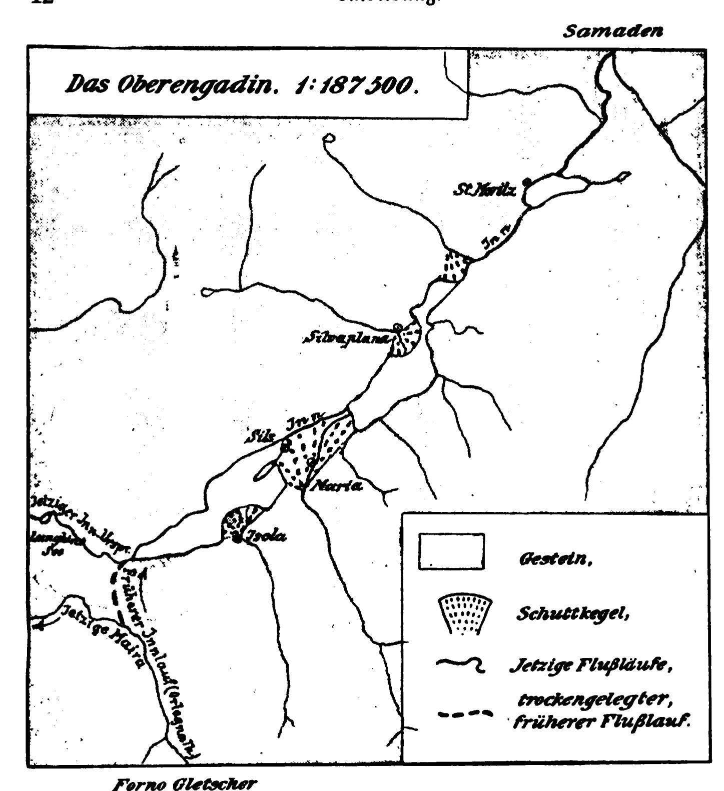


Abb. 20. Das Oberengadin, als Beispiel des Kampfes um die Wasserscheide zwischen dem sich rückwärts einschneidenden Maria und dem seines Quellgebietes (im Orlegnatal und Fornogletscher) beraubten Inn. Nach Zeichnung.

Der jetzige Inn-Ursprung liegt im Lunghino-See. Die großen Engadiner Seen sind in dem fast ebenen Talboden durch die Schuttkegel der Nebenbäche bei Silvaplana, Sils-Maria und dem entstehenden Schuttkegel Isola aufgedämmt.

der Punkt, wo der ebene, von zahlreichen Seen*) bedeckte Engadiner Talboden — ohne die Himmelsrichtung zu ändern — in eine tief eingerissene Erosionsschlucht übergeht.

*) Die Entstehung der Seen, welche mit Ausnahme des St. Moritzer Sees durch die Schuttkegel der südlichen Nebenbäche inmitten des Haupttales aufgestaut sind, ist der deutlichste Beweis für die Flachheit dieses Talbodens. Die Aufstauung des Haupttales durch einen schuttreichen Nebenbach wird im Alpenland häufig beobachtet; aber sonst vermag

Die ursprüngliche Quelle des Inn lag am Fornogletscher, dessen Abfluß bei dem Dörfchen Maloja in den Inn zu rinnen scheint und durch keine Anschwellung von dem obersten Engadiner See getrennt wird. Aber unmittelbar vor Maloja biegt der Fornobach im rechten Winkel um und stürzt in die tief eingerissene Mairaschlucht hinab. Dieser eigentümliche Flußlauf ist das Werk der jüngsten geologischen Vergangenheit. Die Maira arbeitete mit etwas größeren Wassermassen und auf einer recht steil geneigten Unterlage rasch nach rückwärts und nahm im „Kampf um die Wasserscheide" dem auf flachem Talboden dahinkriechenden Inn sein Quellgebiet, das Tal des Fornogletschers ab.

Die Quer- oder Durchbruchstäler sind, wie sich aus dem Vorangehenden ergibt, mannigfacher Entstehung: zum Teil durch den Gebirgsbau vorgezeichnet, zum Teil durch rückwärts arbeitende Erosion erklärbar. Die letztere ist vornehmlich in den südlicheren Cordilleren tätig gewesen, wo die Wasserscheide des Atlantischen und Stillen Ozeans häufig durch keinerlei Bodenschwellen bezeichnet ist.

Man hat häufig — z. B. zur Erklärung des Durchbruches von Ganges und Bramaputra durch den Himalayawall — die Annahme gemacht, daß der Fluß imstande sei, sich durch ein in langsamer Aufwölbung begriffenes Gebirge hindurchzusägen. — Aber die Durchbruchstäler der beiden indischen Riesenströme sind noch unerforscht, und wenn man auch die Möglichkeit der obigen Annahme nicht bestreiten wird, so stehen die tatsächlichen Beobachtungen noch aus, um ihre Richtigkeit zu beweisen. Hingegen gibt der folgende Satz die Erklärung von zahlreichen, ohne Kenntnis des geologischen Baues unlösbaren Problemen der Talbildung:

Viele Täler sind älter als die Berge, d. h. als die heutigen Oberflächenformen der Landschaft („Epigenetische" Talbildung).

Das obere Tal der Donau ist in seinem Verlauf durch zwei Gebirgswälle bestimmt; der nach Nordost gerichtete Abschnitt des Donautales läuft an dem schwäbischen und fränkischen Jura, der nach Südost gerichtete Abschnitt an der alten böhmischen Masse entlang. Aber die Grenze der alten Gesteine entspricht nicht genau

überall der auf geneigtem Talboden rinnende Hauptfluß das Hindernis zu durchsägen und den See abzuzapfen. Nur auf dem kaum geneigten Tal des Oberen Engadins verursachten diese sonst unerheblichen Dämme dauernde Wasseransammlungen.

dem Laufe des Flusses, vielmehr schneidet zwischen Passau und Linz, bei der Stadt Linz selbst, bei Dürrenstein und St. Pölten die Donau ganz erhebliche Stücke aus dem Urgebirgsmassiv heraus. Diese Abweichung ist um so auffälliger, als die südliche oberösterreichische Hochfläche aus weichen Gesteinen besteht, in denen der Fluß leichtere Arbeit gehabt hätte als in den harten Gneisen und Graniten. Der Fluß ist offenbar in erheblich höherem Niveau als heute über die weichen Mergel und Schotter dahingeflossen, welche die harten Gesteine überlagerten und hat dann sein Bett auch langsam in diese eingesägt.

Als dann die dünne Decklage der Tertiär-Mergel über dem Südrande des böhmischen Massivs durch Verwitterung abgetragen wurde, blieb der in die harte Unterlage eingesägte Donaulauf an seinem Flecke und bietet uns somit heute ein Kartenbild, welches nur durch Heranziehung der geologischen Vergangenheit erklärt werden kann.

Ganz ähnlich, nur in viel größerem Maßstabe erfolgt der berühmte Durchbruch des Greenriver durch die Uintaberge im fernen amerikanischen Westen. Auch hier ist die ganze weite Umgebung der harten Gebirgsmassive aus jüngeren weichen Mergeln zusammengesetzt, deren Härte etwa der der Schichten auf der oberösterreichischen Hochfläche entspricht. Aber während die Donau von dem alten Massiv nur Splitter abschneidet, bricht der Greenriver, nachdem er eine weite Strecke dem Nordabsturz des alten Ost-West streichenden Gebirgskerns gefolgt ist, unvermittelt in gewaltiger Erosionsschlucht nach Süden hindurch.

Auch hier liegt wohl die gleiche Erklärung nahe; die jüngeren Mergel umhüllten einstmals den alten Kern und auf ihrer südwärts geneigten Oberfläche floß der Strom dem californischen Golfe zu. Auf eine längere Strecke bedingte das Ansteigen des älteren, nur halb verhüllten Kernes die östliche Abweichung des Flusses, und erst dort, wo die alte Masse gänzlich verhüllt war, vermochte sich der Fluß in diese seine Unterlage einzugraben.

Ein weiteres Beispiel dieser epigenetischen Talbildung ist der berühmte Bodedurchbruch südlich von Tale. Das östlichste Granitmassiv des Harzes tritt hier aus seiner Schieferumhüllung zutage nud wird von dem Flusse in malerischer Schlucht durchbrochen, der in den Schiefern einen nicht nur leichteren, sondern auch kürzeren Weg zum Gebirgsrande gefunden hätte. Der Granit ist ein Tiefen-

gestein und somit früher unter dem Schiefer verborgen gewesen. Der ursprüngliche Lauf der Bode konnte somit ausschließlich von der Neigung des Gehänges, nicht von der Härte des Gesteins bestimmt werden.

Das am längsten bekannte Beispiel für das höhere Alter der Flußtäler ist der Weserdurchbruch oder die Porta Westphalika. Aus dem weiten, nach Nordwest verlaufenden Längstal biegt der Fluß unvermittelt in spitzem Winkel nach Norden aus und durchbricht die harte, hoch aufragende Weserkette, während das weite, in weichen Keupermergel eingeschnittene westliche Tal nur unbedeutende Bäche, die Elze und Hase, beherbergt. Auch hier ist das Tal älter als die heutige Oberfläche. Die Weserkette war dereinst tief unter weichen, einer leichten Abtragung erliegenden Mergeln verborgen, und die nördliche Neigung dieser längst zerstörten Oberfläche bedingt die Richtung des heutigen Flußlaufs.

B. Werke des unterirdisch fließenden Wassers.

So verschiedenartig die Arbeit des Windes von der des Wassers ist, so greifen doch — wie die Lößablagerung auf Flußterrassen zeigen — beide vielfältig ineinander (Band II).

Da die Arbeit des oberflächlich fließenden Wassers — Erosion, Talbildung und Wildbäche — schon in den ersten Bogen erörtert worden ist, so bleiben hier ganz oder vorwiegend die Fragen der unterirdisch wirkenden Erosion übrig. Die Massenwirkung des unterirdisch nagenden Wassers offenbart sich am eindrucksvollsten in den Bergstürzen der Hochgebirge und der damit zusammenhängenden Bildung des Gebirgsschuttes (V). Karst und Höhlenbildung (III) sind auf bestimmte Gesteine (Kalk) und — wenigstens soweit die Verkarstung in Betracht kommt — auf bestimmte klimatische Zonen, die warmgemäßigten, subtropischen und tropischen Gebiete beschränkt. Die Darstellung des Quellenphänomens beansprucht wiederum ganz allgemeine Bedeutung. (Vortrag IV).

III. Vortrag.

Über Karst- und Höhlenbildung.

1. Karst- und Karrenbildung.



Abb. 21. Karren (Schratten) im Kreidekalk zwischen Cattaro und Cettinje (Montenegro). Originalaufnahme von Dr. C. Renz.

Ein von Bora-Stürmen überwehtes Kalkgebirge mit zerrissener Oberfläche und zahllosen Felstrichtern und Kesseltälern, mit plötzlich verschwindenden und wieder hervorsprudelnden Flüssen, mit weit verzweigten Höhlen und geheimnisvollen unterirdischen Wasserläufen — das sind die Vorstellungen und Bilder, die sich mit dem Worte „Karst" verbinden.

Der Karst ist das Istrien und das adriatische Küstenland im Nordost begrenzende Gebirge, das den Übergang zwischen den Südalpen und den Ketten der Balkanhalbinsel bildet; aber der Name hat, ähnlich wie der des Jura oder der Alpen, allgemeine Bedeu-

tung angenommen und bezeichnet die Kalkgebirge der warmgemäßigten Zone*), in denen die unterirdische Wasserzirkulation die oberirdische ersetzt und die Trockenheit des Sommers ein Wiedererstehen des verschwundenen Waldes verhindert. Die Oberfläche eines verkarsteten Gebirges zeigt keine regelmäßigen Täler oder Flußläufe; alles Wasser des Regens oder der Schneeschmelze verschwindet auf dem Grunde der Kalkspalten, die nach oben zu in regelmäßiger oder unregelmäßiger Weise verbreitert zu sein pflegen. Die Karsthochfläche ist mit gerundeten oder länglichen Vertiefungen oder Felstrichtern von verschiedener Größe, den Dolinen, bedeckt. Die lösende Kraft des mit Kohlensäure erfüllten Regenwassers führt den Kalk hinweg und zerschneidet somit die Oberfläche jedes Felsstückes in scharfe, mannigfach durch Rillen und Furchen gegliederte Gräte, die sogenannten Karren (Abb. 21) oder Schratten. Karren oder Schratten sind somit Oberflächenformen des Kalkes, die in dem regen- und vegetationsarmen Mittelmeergebiet in allen Höhenlagen, in den Karrenfeldern oder „Steinernen Meeren" der Alpen aber vornehmlich zwischen 1600**) und 2300 m Höhe, d. h an der Obergrenze des Waldes (Abb. 22) und an der unteren Firngrenze entstehen. Die Schratten***) sind somit die aus Firsten und dazwischenliegenden Furchen bestehenden Oberflächenformen des im wesentlichen reinen Kalkes, deren Entstehung an die Klüftung des Gesteines (Abb. 23 u. 24) und vor allem an die Wirkung der Atmosphärilien, daneben auch an die Tätigkeit der Moose und Flechten gebunden ist. Die übereinstimmende Form der alpinen und mittelmeerischen Karren geht aus der Gegenüberstellung der Bilder von Cattaro und dem Gottesackerplateau hervor.

Auch die steileren Kalk-Kämme und -Gipfel zeigen in den Kalkalpen und in den verkarsteten Mittelmeergebieten in verschiedener Höhenlage die gleichen Formen, die gleiche Zerklüftung, die gleiche Öde. Die Bilder der die Bocche di Cattaro umgebenden Berge, (Abb. 37) an denen entlang der Weg nach Montenegro führt, das

*) Über die bisher weniger beachteten Karstgebirge der Tropen siehe unten.

**) Die Untergrenze wird als zwischen 1500 und 1700 m, die Obergrenze zwischen 2200 und 2400 von M. Eckert angegeben.

***) Vgl. M. Eckert, Das Karrenproblem, Leipzig 1895, und besonders das Gottesackerplateau, ein Karrenfeld, in Wissenschaftl. Erg. Heft des Deutsch-Österr. Alpenvereins I. 3. Innsbruck 1902, bes. S. 32 und 96.

Hochplateau des Schlerndolomits in der Südtiroler Pala-Gruppe und endlich der Dachsteinkalk des steinernen Meeres mit der Schönfeldspitze — sie alle zeigen trotz verschiedener Höhenlage

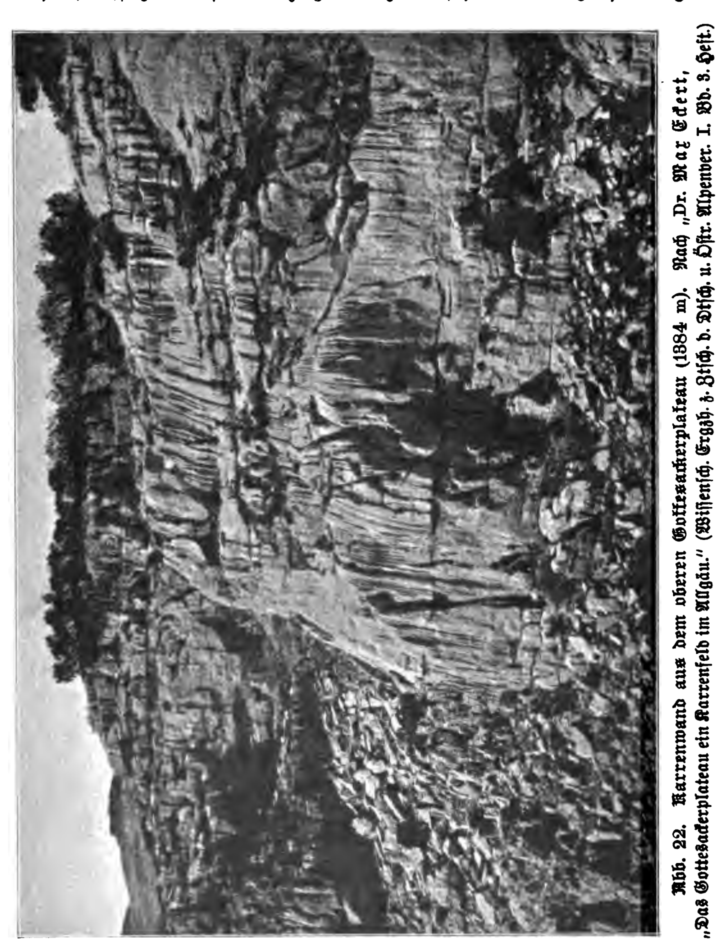


Abb. 22. Karrenwand aus dem oberen Gottesackerplateau (1884 m). Nach „Dr. Max Eckert, „Das Gottesackerplateau ein Karrenfeld im Allgäu." (Wissensch. Ergzh. z. Ztsch. d. Dtsch. u. Östr. Alpenver. I. Bd. 3. Heft.)

(zwischen 500 und 3000 m) und trotz gewisser Verschiedenheiten der Kalkgesteine*) doch im wesentlichen dieselben Formen. Das

*) Kreidekalk — Schlerndolomit — Dachsteinkalk.

Fehlen der Vegetation verleiht dem Kalk trotz aller sonstigen Unterschiede das gleiche Bild trostloser, aber großartiger Öde. Dort, wo nach kurzem Laufe die Regenbäche in den Spalten des Kalkes ver-



Abb. 23. Karrenpartie am Fuße der Daumspitze im Allgäu. Nach Dr. Max Eckert.

schwinden, findet eine Aushöhlung und Fortführung des Kalkes in größerem Maßstabe statt, und es bilden sich die trog- oder trichterförmigen Dolinen der Oberfläche, deren Fortsetzung nach unten

ungefähr dem Begriff einer „geologischen Orgel" entspricht. (Man bezeichnet jede durch chemische Auflösung geschaffene, vertikal angeordnete Höhlung mit diesem Namen).

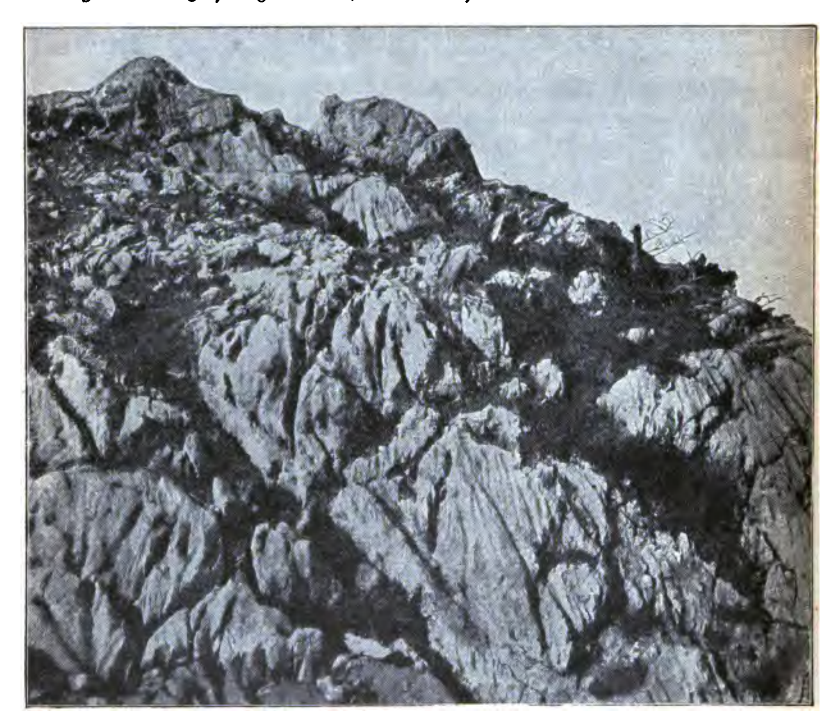


Abb. 24. Karrenpartie an der Südseite der Daunspitze (ungefähr 1500 m). Nach „Dr. Max Eckert, Das Gottesackerplateau, ein Karrenfeld im Allgäu." Wissenschaftl. Ergänzungsheft zur Zeitschr. des Deutsch-Österr. Alpenvereins. I.

Die Doline besitzt oberflächlich häufig einen ebenen Boden, da die zusammenströmenden Regenbäche Roterde und Schotter mit sich führen und flächenartig ausbreiten. (Abb. 25.)

Doch ist durch den Bergbau zuweilen*) die unterirdische Fortsetzung einer Doline aufgeschlossen worden, so daß der Ver-

*) Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Hofrat Dr. v. Mojsisovics in Wien. Vgl. auch ders. in Zeitschr. d. Deutsch-Österr. Alpenvereins 1880 (Karsterscheinungen).

bleib des oberirdisch verschwindenden Wassers direkt nachgewiesen werden konnte.

Dort, wo in Höhlen Felseinstürze nachgewiesen wurden (Adelsberg), betrafen sie das Dach des unterirdischen Hohlraums, dessen erste Entstehung auf dem Verschwinden des Wassers in den Felstrichtern und Sauglöchern der Oberfläche beruhte.

In welcher Weise der Einsturz eines Höhlendaches erfolgen



Abb. 25. Der Trog, eine Doline im Kalkgebirge der Karnischen Alpen bei Pontafel. A = Abfluß (Saugloch) des Wassers.
Gezeichnet nach einer Original-Aufnahme des Verfassers.

kann, nachdem durch chemische Auflösung des Kalkes ein bedeutender Materialverlust eingetreten und das Gefüge des Gebirges erschüttert worden ist, das zeigt der Längsschnitt durch die dritte Abteilung der Esperhöhle im fränkischen Jura ([Abb. 26] nach der sorgfältigen Aufnahme von Dr. Neischl). Man erkennt hier deutlich, daß die Grotte *f* und *g* dereinst in derselben Weise durch Einsturz geöffnet werden und dann dasselbe Bild darbieten wird wie der Erdfall zwischen *b* und *c*. Andererseits ergibt sich, daß diese von unten nach oben geöffneten „Einsturzdolinen" oder Erdfälle nicht mit den echten

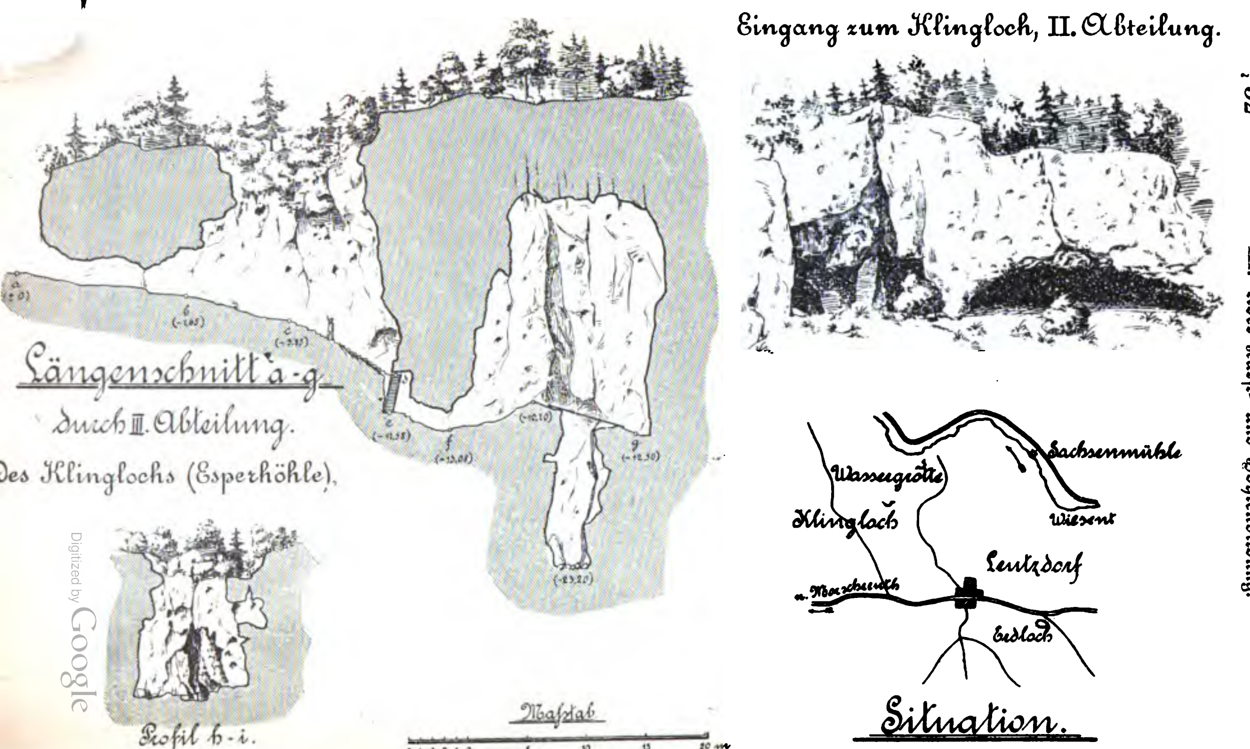


Abb. 26. Esperhöhle. Die Bilder veranschaulichen die von unten nach oben vorschreitende Höhlenbildung von Frankenjura, die mit dem Einsturz der Decke (*b*, *c*) endet. Nach einer Aufnahme von Dr. Neischl.

Dolinen verwechselt werden dürfen, die vielmehr durch die von oben nach unten einschneidende Wirkung der chemischen Erosion entstehen.

Wenn die Wölbungen über den Höhlenflüssen Krains einstürzen, so entstehen hieraus keine Felstrichter (Dolinen), sondern oberflächliche Einsturzrisse (St. Canzian, Abb. 34) und endlich durch weitere Erosionsarbeit normale Flußtäler, die allerdings unvermittelt und unverzweigt mit einem zirkusartigen Abschluß endigen. Die Höhlenflüsse liegen in einer bestimmten, durch den Wasserstand des Meeres oder durch eine undurchlässige Schicht bedingten Höhenlage, und das Ziel der unterirdischen Arbeit des Wassers ist die Herstellung eines oberflächlichen Abflußsystems durch rückschreitenden Einsturz. (S. 28). An den Küsten Dalmatiens und Griechenlands brechen vielfach unmittelbar an der Meeresküste starke, süße Quellen, die Abflüsse der Gebirge, hervor, so bei Ragusa unmittelbar südlich der Stadt.

Stärkere Bäche oder Flüsse — wie die Rosandra oder Recca bei Triest, die Fiumara, (Abb. 27), oder die Ombla nördlich von Ragusa — haben jedoch infolge des Einsturzes des Höhlendaches ihre Quellen weiter landeinwärts verlegt. So ist das Omblatal mehrere Kilometer lang und endet, wie alle diese Karstflüsse, mit einem hohen, steil eingeschnittenen Zirkus, aus dessen Boden die ganze bedeutende Wassermasse auf wenig ausgedehnter Fläche emporquillt. Je geringer die Wassermenge der Quelle, um so weniger wird das Höhlendach angenagt und um so geringer ist die Neigung zum Nachstürzen; je größer die Wassermasse, desto länger ist der Flußlauf, dessen Bildung unter dem augenblicklichen Gleichgewichtszustand von Land und Meer erfolgt ist. Die meisten dalmatischen Küstenflüsse treiben Mühlen, die Ombla würde für zahlreiche Fabriken die nötige Wasserkraft zu liefern imstande sein.

Eine durch die landschaftliche Schönheit der Umgebung und die Eigenart seines periodischen Ausbruchs berühmte Quelle ist der Wasserfall Fiume Latte, der „Milchfluß", der südlich von Varenna gegenüber von Bellaggio in den Comer See stürzt. Das Bett liegt den längsten Teil des Jahres vollkommen trocken. Aber Anfang April, wenn der schmelzende Schnee des Grignagebirges das Röhren- und Grottensystem des Esinokalkes bis zum Überlaufen gefüllt hat, dann bricht auf einmal der durch die Gewalt des Sturzes milchweiß gefärbte Wasserfall hervor. Die Wassermasse kann nicht aus einem unterirdischen See stammen, sonst würde ein gelegentliches Aufhören zu verzeichnen sein. Vielmehr ist der Kalk von einem



Abb. 27. Die Fiumara-Schlucht im Karst.
Ein durch rückwärts vorschreitende Erosion entstandener Flußlauf. Nach Photographie.

komplizierten System kommunizierender Röhren und Klüfte durchzogen, die ein längeres, ununterbrochenes Spielen des Wasserfalles ermöglichen.



af. II) überein.

2. Höhlen und Höhlenbildung im Kalkgebirge.

Verzweigte Höhlensysteme sind, wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, auf Kalkgebirge beschränkt, und zwar zeichnet die Richtung der Klüfte dem unterirdischen Wasserlauf den Weg vor. Klüfte finden sich — sehr häufig in rechtwinkeliger Durchkreuzung — in jedem Gestein als Überrest des weit zurückliegenden Festwerdungs- und Kontraktionsvorganges.*) Aber nur im Kalk hält die Auflöslichkeit der Widerstandsfähigkeit der verbleibenden Massen derart das Gleichgewicht, daß Höhlengänge in verschiedenen Richtungen gebildet werden. Andere Gesteine sind unlöslich wie der Tonschiefer oder leicht und vollkommen löslich wie der Gips und das Steinsalz. (Vgl. Band IV.)

Wie die lehrreichen, der interessanten Arbeit von Dr. Neischl über die Höhlen des Frankenjuras**) entnommenen Höhlenpläne und Durchschnitte zeigen, stehen die Klüfte***) entweder senkrecht aufeinander — so in der Schönstein- und Brunnsteinhöhle (Tafel I, Abb. 28 mit den Richtungen NW-SO und NO-SW — oder sie durchschneiden sich spitzwinkelig — so in der Bismarckgrotte (Tafel II, Abb. 30) mit den Richtungen NW-SO und N-S. Ganz ähnliche Grundrisse — N-S und O-W verlaufende Spalten — zeigen die Höhlen der Causses, die berühmten Kalkplateaus im Süden der französischen Zentralmasse nach der Darstellung von Paul Martel.†) Die Querschnitte der Höhlen lassen die engen, senkrechten Spalten erkennen, auf denen das atmosphärische Wasser von oben eingedrungen ist.

Die Planskizzen der Höhlen zeigen ferner im Vergleich mit dem Kartenbilde des oberflächlich ausgebildeten Talsystems, daß die Richtungen des Talanfanges vollkommen mit den Kluftrichtungen der unterirdischen Höhlen übereinstimmen. Auch diese Tatsache ist von Neischl sorgfältig untersucht und in zutreffender Weise hervorgehoben worden.

An der Brunnstein- und Schönsteinhöhle bei Streitberg, wo sich unterirdisch die NW- mit den NO-Spalten kreuzen, zeigt dementsprechend das Wiesenttal eine Umknickung aus NW nach SW.

---

*) D. h. die Klüfte sind ebensogut in flachgelagerten Plateaus wie in aufgerichteten oder stark gefalteten Schichten vorhanden.

**) Dissertation, Erlangen 1903.

***) = Lithoklasen Daubrée.

†) P. Martel, Comptes Rendus 3 Dez. 1888; Club. alpin 1888 und Société de géographie 1889.

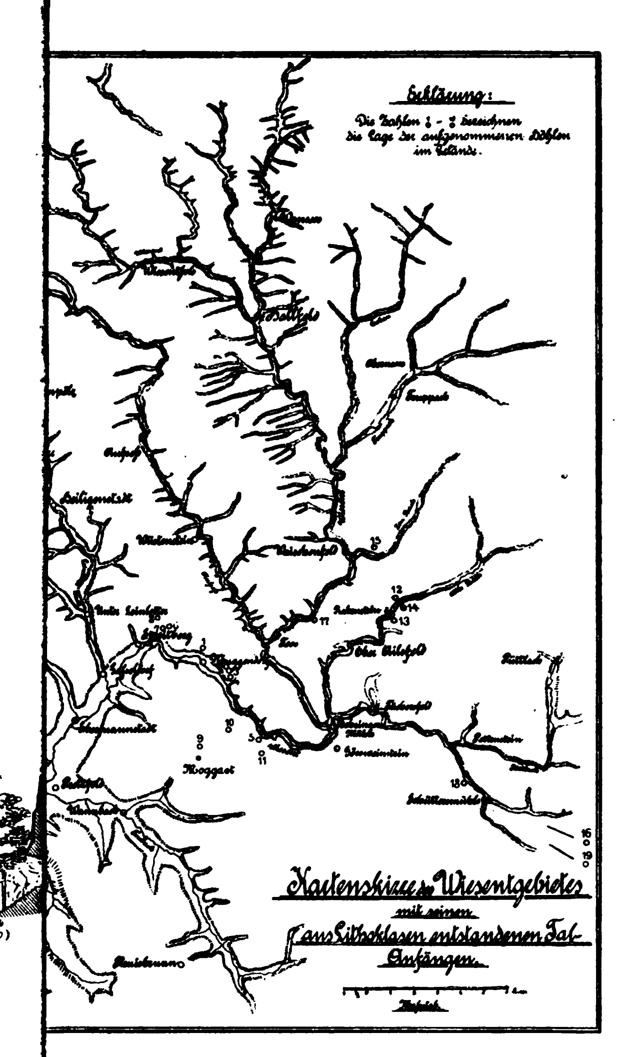
Dagegen entspricht den N-S- und NW-SO-Klüften der Bismarckgrotte das Vorwalten der übereinstimmenden Richtungen in den oberflächlichen Tälern.

Gleichzeitig lehrt der Vergleich der kurzen Küstenflüsse des Karstes und des ausgebildeten oberflächlichen Talsystems im Frankenjura, daß in dem letzteren die unterirdische Erosion bereits durch die oberflächlichen Abflüsse ersetzt worden ist. Die heutigen Oberflächenformen und die heutige Neigung des Kalkgebirges hat also im Herzen Deutschlands schon seit langer Zeit Bestand gehabt, während die Verteilung von Festland und Meer an den Dalmatinisch-istrianischen Küsten sich erst vor einer — geologisch gesprochen — kurzen Zeitspanne ausgebildet hat.

Auch in Deutschland bereitet sich eine Umgestaltung des Landschaftsbildes durch die bekannte Versenkung der Donau bei Immendingen vor. Hier verschwindet ein oberirdischer Fluß in den unterirdischen, stetig erweiterten Klüften des Kalkgebirges: Die Donau verliert z. B. zwischen Immendingen und Tuttlingen an verschiedenen Stellen so beträchtliche Wassermassen, daß ihr Bett durchschnittlich an 77 Tagen des Jahres vollkommen trocken gelegt ist. Durch Färbungs- und Salzbeimischungen ist nachgewiesen worden, daß das verschwundene Donauwasser in 12,5 km Entfernung und 170 m tiefer als Aachquelle, d. h. als die stärkste Quelle Deutschlands im Rheingebiete wieder zutage tritt. Zu dieser unterirdischen Wanderung braucht das Donauwasser etwa vier Tage und vermehrt sich durch weitere unterirdische Zuflüsse von 4000 auf 7000 Sekundenliter (d. h. es verschwinden bei Tuttlingen 4000 und es entspringen im Aachtopf 7000 l in der Sekunde).

Da die unterirdische Erosion im Kalkgebirge stetig fortschreitet, darf man mit der Wahrscheinlichkeit rechnen, daß in einigen Jahrhunderten oder Jahrtausenden der Oberlauf der Donau sein gesamtes Wasser in das Rheingebiet abführen wird. Diese „Blautöpfe" besser „Auslaufkessel" (Penck) genannt, sind weit verbreitet; die Dantequelle in der Vaucluse ist die berümteste von ihnen.

Die Höhlen des Frankenjura, die Muggendorfer und Gailenreuther Höhle (siehe die Karte, Tafel I, Abb. 29), die Räuberhöhle, ferner in Schwaben der Hohle Fels, die Baumannshöhle im Harz, die Höhlen von Ojcow und Kozarnia in Polen sowie viele andere Grotten der mitteleuropäischen Kalkgebirge beweisen ihr hohes Alter ferner durch den Reichtum an Knochen ausgestorbener Säugetiere: Höhlenbär, Höhlenhyäne und Höhlenlöwe haben ihren deut-



lüsse und Bachläufe im Frankenjura. Nach Dr. Neischl.

Die durch die Richtungen der Höhlenspalten auf Taf. I und III.

schen und ihren wissenschaftlichen Namen von dem Vorkommen in Höhlen, in denen sie zum Teil schon von den Menschen der älteren Steinzeit bekämpft wurden.

Fundstücke von Ojcow, die jetzt im Breslauer Museum aufbewahrt werden, zeigen, eingebacken in demselben Kalksinter, ein roh behauenes Steingerät und zahlreiche Höhlenbärenknochen. Ferner fand man hier Unterkiefer des Höhlenbären, die als Äxte, sowie durchbohrte Reißzähne des Höhlenbären, die als Schmuckstücke Verwendung gefunden haben.

Erst über den Lagen mit vorweltlichen Tieren finden sich vielfach die Kulturschichten der jüngeren Steinzeit. All das beweist das hohe Alter der Höhlensysteme, deren ursprüngliche Orientierung — wie die der Flüsse und Bäche — von der Klüftungsrichtung des Kalkes bestimmt wurde.

Eine mechanische Erweiterung erfuhren dann die Grotten der Kalkgebirge durch unterirdische Wasserläufe mit ihrem starken Gefälle. Schließlich wurden die Abflüsse tiefer gelegt — wie z. B. der 12 m tiefe Abgrund des Längsschnittes der Schönsteinhöhle zeigt; es traten an Stelle der unterirdischen Höhlenbäche die oberirdischen Täler, und die Höhlen wurden trocken gelegt. All diese Vorgänge sind vor und während der Quartärzeit (d. h. nach der Tertiärperiode) erfolgt; denn die ausgestorbenen Höhlenbären besitzen quartäres Alter, und nach ihnen haben, wie erwähnt, wiederholt jüngere Generationen des vorhistorischen Menschengeschlechtes die Höhlen bewohnt.

Der Vergleich der Karsthöhlen mit den ähnlichen mitteleuropäischen Bildungen zeigt also, daß beide eine gleichartige Entstehung, aber verschiedenes Alter besitzen. Sowohl die Ersetzung des unterirdischen durch das oberirdische Abflußsystem wie das Vorhandensein von Generationen ausgestorbener Tiere zeigt, daß die deutschen, englischen und polnischen Bärenhöhlen längst bestanden, als die Karsthöhlen erst zu entstehen begannen. (Von den südfranzösischen „Causses“, der bezeichnenden Übergangsbildung zwischen Karst und Juraplateau, ist im letzten Abschnitte unter 5. S. 65 die Rede.)

Höhlen sind im Kalkgebirge, besonders in flachgelagerten Kalken, in allen Erdteilen und Himmelsstrichen verbreitet. Eine der ausgedehntesten Höhlen ist die Mammuthöhle in Kentucky, deren Name jedoch nicht auf Funde der ausgestorbenen Elefanten, sondern nur auf die gewaltige Länge und Zahl der unterirdischen Gänge hinweist. Man hat in verschiedenen Höhenlagen 200 verschiedene Galerien gefunden und ihre Gesamtlänge auf 350 km berechnet.



Abb. 31. Die Diamanten der Königin. Stalaktiten der Höhle von Jenolan. Blue Mountains, Neu-Süd-Wales. Nach Photographie.

Eine besondere Zier der unterirdischen Grotten bilden die Tropfsteine, die entweder von der Decke herabhängen (Stalaktiten, Abb. 31 u. 32) oder vom Boden aus emporwachsen (Stalagmiten, Abb. 33) oder gardinenartig die Wände überkleiden. Das im Kalkgebirge zirkulierende Wasser ist mit Kalk gesättigt und setzt denselben wieder ab, sobald beim Herabtropfen eine Verdunstung eintritt. Die hier wiedergegebenen Bilder der Höhlen von Jenolan aus den Kalken der Blue Mountains in Neu-Süd-Wales unweit Sidney sind besonders schöne und bezeichnende Beispiele des unterirdischen Kalkabsatzes.

3. Die Poljen.

Dolinen, Höhlenflüsse und die kurzen Küstenwasserläufe stellen das normale Schema der Karst-Erosion dar. Die Poljen oder größeren Kesseltäler sind größere Täler oder Senken inmitten des Karstes, deren Entstehung auf der geologischen Vorgeschichte, nicht auf der heute sichtbaren Wirkung des atmosphärischen Wassers beruht.

Die größeren, meist langgestreckten, rings von Karstgebirgen umschlossenen Niederungen, wie Zirknitzer- oder Kopais-See, sind

einer periodischen*) oder dauernden Überschwemmung unterworfen, sofern die unterirdischen Kanäle die von Schneeschmelze oder starken Regengüssen stammenden Wassermassen nicht hinlänglich rasch abzuführen vermögen. Wie die tieferen Teile einer kanalisierten Stadt nach einem Gewitterguß überschwemmt werden, wenn die unterirdischen Ausläufe des Wassers sich verstopfen, so erfolgt auch am Zirknitzer See die Verwandlung der Talfläche in einen Seeboden. Ein kräftiger Regen füllt das Krainer Kesseltal in zwei bis drei Tagen, ein Wolkenbruch in 24 Stunden, und die Entleerung dauert je nach der angestauten Wassermenge 14 bis 25 Tage. Das Märchen von dem glücklichen Lande, in welchem der Bauer in regelmäßiger „Fruchtfolge" Weizen und Fisch erntet, wird also in Krain zur Wahrheit. Den Abfluß des Zirknitzer Sees bildet nach einem Laufe von etwa $2^1/_2$ km der Rackbach**) mit dem Einsturztal von St. Canzian (Abb. 34), dessen Landschaftsformen die folgenden Bilder wiedergeben.

Im Gegensatz zu dem regelmäßig entleerten Zirknitzer See bleiben auf der Balkanhalbinsel zahlreiche Poljen dauernd mit Wasser und Sumpf bedeckt. Das bekannteste Beispiel ist der Kopais-See im alten Böotien, um dessen Entwässerung das prähistorische und das historische Altertum zur Zeit der Minyer und Alexander des Großen sich bemüht hat. Die nor-



Abb. 32. Stalaktiten der Alabaster-Höhle. Jenolan, Neu-Süd-Wales. Nach Photographie.

*) Einige Wasserlöcher bleiben jedoch stets gefüllt.

**) Vergl. Neumayr-Uhlig, Erdgeschichte S. 506.

male Entwässerung erfolgte durch 25 Abzugslöcher (Katavothren) und mehrere Spalten, verstopfte sich aber so häufig, daß die Umgebung des Sees versumpfte und zu einer Brutstätte der Malaria wurde. Die moderne Entwässerung hat in östlicher Richtung einen oberflächlichen Abfluß geschaffen und hierbei die älteren Arbeiten zum Teil wieder freigelegt. Durch dies Kulturwerk sind 25 000 ha fruchtbaren Bodens gewonnen und gleichzeitig die Malaria-Mücken verscheucht worden.

Am Kopais-See handelt es sich um jüngere, mit der Gebirgsbildung zusammenhängende Einbrüche von größerer Ausdehnung (die mit der angenommenen Entstehung der Dolinen durch Unterspülung nichts zu tun haben). In Bosnien und Dalmatien entsprechen dagegen die Poljen häufig größeren Tälern, die — wie das Vorkommen ausgestorbener (tertiärer) Süßwasserschnecken zeigt — früher von Binnenseen erfüllt waren. Während die kleineren dieser Poljen zuweilen noch der Ausdehnung von Dolinen*) gleichen, bedecken die größeren Flächen bis zu 300 □km.



Abb. 33. Stalaktiten (oben), Stalagmiten (unten), in Form von Vorhängen. Aus der Lurloch-Höhle, im devonischen Riffkalk des Hochlantsch, Steiermark. Nach Photographie.

Die unterirdische Hydrographie des Karstes ist neuerdings von Grund**) in der Weise gedeutet worden, als ob ein einheitliches, dem Grundwasser vergleichbares und denselben Bewegungsgesetzen unterliegendes „Karstwasser" die Überschwemmungen der Poljen und die unterirdischen Strömungen beherrsche. Diese Annahme müßte

*) Der Durchmesser der Dolinen schwankt zwischen einigen Metern und einem Kilometer.

**) Penck, Geographische Abhandl. VII, Heft 3. 1903. Vergl. Katzer, Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 1905, S. 239. S. 242 (Polje von Prostala).



Abb. 34. Einsturzschlucht von St. Canzian (Karst). Nach Photographie.

für ein Karstgebirge von dem geologischen Aufbau der Halbinsel Yucatan oder des Frankenjuras, d. h. überall dort zutreffen, wo eine mächtige, flachliegende Kalkmasse von undurchlässigen, ebenfalls flachliegenden Gesteinen unterlagert wird.

In Westbosnien und im Karst ist jedoch der Gebirgsbau wesentlich verwickelter als in dem Plateaujura, d. h. die Gesteine sind in Falten gelegt und von Brüchen durchschnitten. Es fehlt daher, wie Katzer an einem bestimmten Beispiel erläutert, diejenige Regelmäßigkeit in dem Aufhören der winterlichen Überschwemmungen auf den Böden der Poljen, welche nur in einer flachlagernden Masse von Gesteinen denkbar ist. Ebenso sind die Punkte, an denen die Quellen in unterirdischen Spalten verschwinden, ganz unregelmäßig verteilt. Das unterirdische Abflußsystem entspricht also nicht einem unterirdischen See von Grundwasser, sondern verschiedenen Flußsystemen, den Karstgerinnen, deren Verlauf in jedem einzelnen Falle zu ermitteln ist.

4. Tropische Karstlandschaft.

Die für das Kalkgebirge des Mittelmeeres bezeichnenden Karstphänomen kehren in der Nähe der Wendekreise überall wieder, wo ein Gegensatz von Regenzeit und Trockenperiode besteht und wo mächtige Kalkmassen in mittlerer oder geringer Meereshöhe auftreten.

Nur in Tropengebieten mit dauerndem Regenfall, so an den Golfküsten von Mexiko und auf dem Isthmus von Tehuantepec bedeckt sich auch das Kalkgebirge mit üppigem Pflanzenwuchs. Auf dem Abfall des mexikanischen Hochlandes wird die Fruchtbarkeit der oberen Bodenschichten allerdings durch die weite Verbreitung staubförmigen vulkanischen Materials gefördert. Es bleiben dann nur im Bereich des Waldwuchses bestimmte Pflanzentypen, welche oft schon aus weiter Entfernung den Gesteinswechsel ankündigen. Auf der Landenge von Tehuantepec sind es bekanntlich die kandelaberartig verzweigten, stattlichen Säulenkakteen (Cereus), die ausschließlich das Kalkgebirge zieren.

In vulkanfreien Tropengebieten, wo der Boden nicht durch verwitterten vulkanischen Staub verbessert wird, entwickeln sich auch die Oberflächenformen des Karstes, während Höhlen auch im waldbedeckten Kalkgebirge niemals fehlen. Solche tropische Karstgegenden, wie sie die Vettern Sarrasin aus Celebes beschrieben haben, besitzen besonders in Yucatan und im westlichen Cuba zwischen Habana und Pinar del Rio weite Verbreitung.*) Der flachgelagerte jungtertiäre Korallenkalk, der diese Länder zusammensetzt, ist von

*) Dies und das Folgende nach den Mitteilungen meines verehrten Kollegen des Herrn Professor Carlos de la Torre in Habana.

lockerer Beschaffenheit, leicht zersetzbar und arm an tonigen Bestandteilen. Alle bezeichnenden Erscheinungen der istrischen Küstengebirge kehren in dem amerikanischen Mittelmeergebiet wieder. Die besonders lebhaft gefärbte Terra Rossa beginnt unmittelbar vor den Toren von Habana.

Die Dolinentrichter mit ihrem zentralen Saug- oder Abflußrohr werden als furnia, die verschwindenden Bäche als sumidero, die wasserreichen an der Küste oder Kilometer weit vom Gestade mitten im Meere aufsprudelnden süßen Gewässer als resolladera (resurgence) bezeichnet. Auch die dem Krainer Olm entsprechenden blinden Höhlenfische (Lucifuga dentata) sind in Cuba und wahrscheinlich auch auf Yucatan verbreitet und deuten auf ein geologisch hohes Alter des unterirdischen Flußsystems hin. Die süßen Quellen im Meere bilden den Lieblingsaufenthalt der Sirenen (Manatus) — ähnlich wie die norwegischen Hummern des Quarnero das halbausgesüßte Meereswasser bevorzugen.

In Yucatan sind ausgedehnte von Flüssen und Bächen durchströmte Höhlen (die cenotes) weit verbreitet und als einzige Wasserspender in den trockenen, das Regenwasser einsaugenden Kalkflächen von großer Wichtigkeit. Hier scheint also ein aus flachliegenden Kalken bestehendes Gebirge einen einzigen reichlich Wasser führenden Horizont, d. h. „Karstwasser" zu enthalten. Nur die Eingeborenen kennen die Zugänge zu den oft 120 m tief eingesenkten Wasserbehältern und benutzen dieselben als Zufluchtsstätten. Die Unterwerfung der Indianerstämme im Innern von Yucatan wurde den mexikanischen Truppen durch das fast vollkommene Fehlen von Wasser auf der Oberfläche sowie das jeweilige Verschwinden der Eingeborenen in den cenotes außerordentlich erschwert.

5. Karst und nordeuropäische Kalkhochflächen.

Ein Ersatz des oberirdischen Wasserflusses durch unterirdische Zirkulation in Höhlen und Spalten erfolgt überall im Kalkgebirge: bei den Karstlandschaften des Mittelmeeres und der Tropen, bei den über die Baumgrenze emporragenden Karrenfeldern, den Steinernen Meeren der Alpen und endlich in den zum Teil mit Wald bedeckten Kalkhochflächen Mitteleuropas, der Rauhen Alb, dem Frankenjura und den Kalkgebirgen Westfalens, Mährens, Schottlands und der Eifel, endlich vereinzelt in Oberschlesien und Galizisch Podolien.

Das Verschwinden eines Baches in einer Kalkspalte und das

Wiedererscheinen eines Wasserlaufes wird durch die beiden Bilder aus Sutherlandshire (Abb. 35 u. 36) veranschaulicht. Die Bildung der scharfen, mit Rillen und Furchen bedeckten Kalkkämme oder Schratten, der Felstrichter oder Schwemmland-Dolinen*) hängt im Gegensatz zu dieser stets beobachteten Form der Wasserläufe von der mehr oder weniger starken Oberflächenbedeckung mit Verwitterungslehm und mit Pflanzenwuchs ab. Daher wäre es — ganz abgesehen von diesem das Landschaftsbild bestimmenden Einfluß der Vegetation — nicht angebracht, die zum Teil bewaldeten Kalkgebirge, die Karrenfelder und die Karstberge einheitlich mit dem letzteren Namen zu bezeichnen. Denn auch die Art und die Farbe der Gesteinsverwitterung hängt vom Klima und der Höhenlage ab. Das Eisen tritt in tropischen und warmgemäßigten Ländern — also bis zum Mittelmeer einschließlich — in der Form des Roteisensteins oder Eisenoxyds auf. Die Terra rossa, der nach Auflösung und Fortführung des Kalkes verbliebene fruchtbare, tonige Boden der Mittelmeerländer, verdankt ihren Namen dem Roteisenstein, ebenso wie der Laterit der Tropen. Die Länder mit Winterfrost und Sommerregen sind dagegen durch die Verbreitung des Brauneisensteins oder Eisenoxydhydrats gekennzeichnet. Im Gegensatz zu diesen Zersetzungsprodukten und ihren bezeichnenden braunen oder roten Färbungen des Bodens sind die über der Baumgrenze liegenden Höhen der Gebirge sowie die Polarregionen durch das Fehlen chemischer Zersetzungsvorgänge gekennzeichnet. Das Eisen bleibt wegen der langen



Abb. 35. Verschwinden eines Baches in einem Spalte der Kalkhochfläche von Sutherland (Schottland). Nach Photographie.

*) Als Schwemmland- oder Bodensenkungsdolinen werden die durch unterirdische Auslaugung gebildeten Erdfälle von Trichtergestalt bezeichnet.

Dauer des wasserlosen Winters und bei der Unmöglichkeit chemischer Zersetzung in dem Zustande, in welchem es ursprünglich im Gesteine vorhanden war.

Die spärlichen Bodenanhäufungen der Hochalpen und der arktischen Moossteppen entbehren jeder charakteristischen Eisenfärbung; der Boden der kühlgemäßigten Zonen ist braun gefärbt — mag er im übrigen sandigen oder lehmigen Charakter tragen. Die Verwitterungsböden der Mittelmeerländer (Terra rossa) und der Tropen (Laterit) zeigen das Rot des Roteisensteins. Diesen bezeichnenden Bodenfärbungen entsprechen auf das genaueste die Kalkverwitterungsformen des Karrenfeldes oder Steinernen Meeres, der Rauhen Alb und des Karstes.



Abb. 36. Austritt (Quelltopf) eines unterirdischen Baches in einer Kalkhochfläche von Sutherland (Schottland). Nach Photographie.

Der Unterschied, den das Alter eines Gebirges für die Ausbildung der Abflußform (in Tälern oder Grotten) bedeutet, tritt besonders hervor, wenn wir den Karst mit den Kalkplateaus im Süden der zentralfranzösischen Masse vergleichen.

Der nördliche und westliche Abhang des Zentralplateaus sowie eine breite Zone im Süden zwischen dem Mont Lozère und den Bergen von Rodez besteht, wie der Frankenjura, aus flachgelagerten Kalken jurassischen Alters*). Der Kalk bildet, wo er herrschend auftritt, nirgends ein kulturfreundliches Element. Aber im Süden Frankreichs, wo die ungleiche Verteilung der Niederschläge hinzutritt, machen sich die schlimmen Eigenschaften der Kalkberge, ähnlich wie im Karste, besonders geltend. Das Regenwasser versinkt in den siebartig

*) Vgl. F. Frech, Aus Südfrankreich, Mitteilungen des Vereins für Erdkunde in Halle, 1889, S. 11.

von zahlreichen Rissen und Klüften durchsetzten „Causses“ (von chaux, Kalk) wie die Kalkplateaus im Süden genannt werden. Die Baumvegetation verschwindet so gut wie vollkommen, nur ein spärlicher Kräuterwuchs gewährt den Schaf- und Ziegenherden eine kärgliche Nahrung. Die Bewohner sind zur Deckung ihres Wasserbedarfs auf Zisternen angewiesen, die im Sommer oft austrocknen; dann muß das Wasser stundenweit aus dem nächsten Flußtal heraufgeholt werden. Wie in allen Kalkplateaus veranlaßt die Wasserarmut der Hochflächen die Entstehung zahlloser Quellen in der Tiefe der cañonartig eingeschnittenen Täler.

In dem Gebiet der südfranzösischen Causses, das schon seit Beginn des Tertiär, vielleicht noch etwas länger, nicht mehr vom Meere bedeckt war, erscheint nun die Verwandlung der unterirdischen Höhlen in ein oberflächliches Talsystem — ebenso wie im Frankenjura — durchgeführt. Jedenfalls ist das Verschwinden bedeutenderer Flüsse hier nirgends mehr zu beobachten. Der Karst und die angrenzenden illyrischen Gebirge sind erst seit dem Einbruch der Adria, also seit dem Schluß der Tertiärzeit, in ihre heutige Lage gekommen. Es hat somit an Zeit gefehlt, um die Flußläufe bis zu einem wasserundurchlässigen Horizont auszuarbeiten. Wie abweichend die Gestalt des Flußnetzes in den verglichenen Gebieten ist, deren petrographische und klimatische Verhältnisse im wesentlichen dieselben sind, ergibt sich schon aus dem Vergleiche des Kartenbildes.

Die Beantwortung der Frage, ob das Karstphänomen lediglich durch chemische Auflösung des Kalkes bedingt sei oder ob auch klimatische Faktoren Einfluß ausüben, verbreitet auch Licht über das vielerörterte Problem einer Wiederaufforstung der verkarsteten Gebirge. Die Berge Istriens und Dalmatiens waren — wohl infolge des Einflusses des längst entschwundenen feuchteren Klimas — mit Wald bedeckt, der durch eine zweitausend Jahre dauernde Abholzung vernichtet worden ist. Als Folge der Waldverwüstung ist nun aber auch die Terra rossa, die Unterlage des Pflanzenwuchses, von den Abhängen heruntergespült worden, und auf der Hochfläche hindert der Nordoststurm, die Bora, das Emporkommen der Bäume. (Abb. 37.) Die Möglichkeit einer Wiederbewaldung beruht nur auf der oft unglaublichen Anspruchslosigkeit mancher Bäume, vor allem der Schwarzföhre (Pinus austriaca). Man muß es selbst gesehen haben, aus welchem Minimum von Boden ein solches Pflänzchen seine Nahrung zu sich nimmt und welcher Trockenheit es Widerstand zu leisten vermag. Trotzdem beschränkt die Bora und das Fehlen der Terra



Abb. 37. Karstgebirge über den Bocche di Cattora.
Einzelansicht von der gleichen Gegend siehe S. 46. Nach Photographie.

rossa die Möglichkeiten einer kostspieligen Wiederbewaldung auf bestimmte Gebiete des Karstes.

Ergebnisse.

1. Mit dem Namen des Karstes wird eine Form der Kalkgebirge warmgemäßigter und tropischer Gegenden bezeichnet, in denen die oberirdische Talbildung durch unterirdische Abflüsse ersetzt wird.

2. Felstrichter oder -wannen (Dolinen) sind die Eintrittsöffnungen des atmosphärischen Wassers; die Wasserleitung erfolgt in einem durch die Kluftrichtungen des Kalkes vorgezeichneten System von Höhlen, der Austritt unmittelbar am Rande des Kesseltales (Polje siehe 3) oder an der Meeresküste. Nur größere Wasserläufe haben durch Einsturz der Höhlendecke ihre Quelle weiter zurückverlegt.

3. Die Poljen oder Kesseltäler sind größere, selbständige, während der Gebirgsbildung durch Senkung oder Einbruch ent-

standene Hohlformen, deren Boden von periodischen (Zirknitz) oder bleibenden Seen (Kopais) bedeckt ist.

4. Der Karst ist ein jugendliches Gebirge und die Adria ist erst am Beginn der Quartärzeit durch Einbruch entstanden; daher hat hier die unterirdische Wasserzirkulation nur wenige Änderungen erfahren. In den Causses Südfrankreichs und in dem geologisch gleichartigen Frankenjura ist dagegen der unterirdische Lauf der meisten Höhlenflüsse durch ein oberirdisches Talsystem ersetzt, dessen Richtungen noch den für die Höhlen maßgebenden Kluftsystemen folgen.

5. Die Causses entsprechen also nur klimatisch, nicht morphologisch, dem Karst; der Frankenjura und die Rauhe Alb, welche dem Bereich der Sommerregen angehören, sind klimatisch und morphologisch von dem Karst verschieden.

IV. Vortrag.

Über Quellen und Grundwasser.

Das aus der Tiefe der Erde emporquellende Wasser ist — im Gegensatz zu dem fließenden Wasser der Bäche und Flüsse — von jeher mit dem Zauber des Geheimnisses umhüllt gewesen. Das gilt für die natürlichen Quellen mit ihren Nymphen und Nixen ebenso wie für den Quellensucher mit seiner Wünschelrute. Mag dieselbe durch Ausschlagen in einer bestimmten Richtung dem Durstigen den Weg weisen, mag das Erklingen und Erzittern eines Silberreifes Lage und Reichtum der sogenannten „Wasseradern" angeben, jedenfalls ist — die Gutgläubigkeit des Quellensuchers vorausgesetzt — ein autosuggestiver Vorgang im Spiel. Denn im allgemeinen ist in unserem regnerischen Erdstrich das Wassersuchen ein ganz aussichtsvolles Unternehmen, das in 95—98 unter 100 Fällen Erfolg verheißt.

Bei den Vorbereitungen zum Bau einer Erdbebenwarte in Breslau, die einen absolut trockenen Keller erfordert, konnte ich feststellen, daß es ganz wasserfreie Stellen in der weiteren Umgebung der Stadt überhaupt nicht gibt, und das gleiche gilt für den allergrößten Teil der norddeutschen Ebene. Man versteht also die staunenswerten Erfolge, welche das Wassersuchen mit der Wünschelrute in diesen Gegenden gehabt hat.

Der Wasserprophet hat in einem niederschlagsreichen Klima

eine recht einfache Aufgabe zu erfüllen, besonders wenn der Boden, wie in Norddeutschland, aus abwechselnden Lagen von Sand und undurchlässigem Mergel oder Ton besteht. Wo undurchlässiges, wasserarmes Gestein, z. B. Granit, den Untergrund bildet, ist das Wassersuchen schwieriger, und die Männer der Wünschelrute, welche z. B. der Strehlener und Trebnitzer Stadtverwaltung reiche Quellen versprachen, haben hier ein glänzendes Fiasko erlebt. Wiederholt und mit gleichem negativen Erfolg wurde an den Stellen gebohrt, welche die Wünschelrute bezeichnet hatte. Man hat wohl daran gedacht, daß manchen Individuen ein Witterungsvermögen für unterirdisches Wasser eigen ist, etwa derart, wie wir es z. B. an den Völkern und Tieren der Steppe beobachten. Aber man wird mit Recht dagegen einwenden, daß die Kultur im allgemeinen die Sinnestätigkeit abstumpft, nicht aber schärft. Vor allem aber fehlt in unserm vorwiegend feuchten Klima selbst für afrikanische Buschmänner oder für amerikanische Prärieindianer die Vorbedingung der trockenen Luft, die notwendig wäre, um verborgenes Wasser zu „wittern". Wenn wir aber ferner sehen, daß noch im 20. Jahrhundert dieselbe Wünschelrute verborgenes Wasser und verborgene Edelmetalle anzeigen soll, so werden wir den Hang zur Mystik oder gar zur Quacksalberei für die wahre Unterlage des Wünschelrutenzaubers halten müssen.

Viel weniger einfach als für Sand und Mergel ist für das anstehende Gestein die Frage zu entscheiden, in welcher Tiefe und in welcher Menge, mit welcher Temperatur und in welcher chemischen Zusammensetzung Wasser zu erwarten ist. Nur bei eingehender Kenntnis des geologischen Untergrundes können auch derartige Fragen oft vor Beginn der Bohrung mit einiger Sicherheit beantwortet werden.

Von welchen Vorbedingungen hängt nun das Vorkommen und das Auffinden des Trinkwassers und der Mineralquellen ab?

1. Grundwasser und Wasserversorgung.

Das Wasser, das uns in Brunnen und Quellen aller Art entgegentritt, ist atmosphärischen Ursprungs*). Regen, vor allem aber geschmolzener Schnee dringt in die Tiefe, sammelt sich auf undurchlässigen Schichten an und tritt alsdann entweder freiwillig als Quelle oder durch Menschenhand gezwungen als Brunnen zutage. Die

*) Über die Ausnahmen, wie Springquellen und die Karlsbader Quellen, vgl. unten.

unterirdische Verbreitung des Wassers folgt im wesentlichen den flach lagernden oder geneigten Schichten.

Als **Grundwasser** bezeichnet man die über der **obersten undurchlässigen Schicht angesammelte Wassermenge**. Besteht der Boden wie in Schlesien und in anderen ausgedehnten Gebieten Norddeutschlands aus einer von undurchlässigem Mergel unterlagerten Sandschicht, so ist Grundwasser überall vorhanden, und die Wünschelrute hat leichte Arbeit.

Da der Sand die unterirdische Bewegung des Wassers erschwert, so zieht sich das Grundwasser über den unterirdischen Kuppen des Mergel „hautartig" in die Höhe, während es in unterirdischen Mulden der Mergeloberfläche mehr oder weniger tiefe Seen bildet. Letztere bleiben auch im trockenen Sommer oder nach langem Winterfrost erhalten, während im Hochsommer und in langen Wintern die Grundwasserbrunnen über unterirdischen Erhebungen austrocknen.

Man spricht viel von „Grundwasserströmen", und tatsächlich findet auch in einem neugestoßenen Grundwasserbrunnen ein Zuströmen von allen Seiten statt, wenn der Wasserspiegel in dem Rohre durch Pumpen erniedrigt wird.

Eine gewisse Bewegung des Grundwassers ist ferner in den ausgedehnten Grundwasserseen zu beobachten, welche die mit Sand („Talsand") ausgefüllten großen Täler der norddeutschen Ebene anfüllen. Das Grundwasser steht z. B. in den Kellern im Frühjahr hoch, während es im Sommer und Winter zurückgeht.

Man hat diesen Hoch- und Tiefstand des Grundwassers unmittelbar auf das Hoch- und Niederwasser des Flusses zurückführen wollen, aber dabei manches übersehen. Einmal treten in Mitteldeutschland die Schneeschmelzen und Frühjahrsregen gleichzeitig mit den Hochwässern der großen Ströme auf. Man müßte also — streng genommen — sowohl die seitliche Infiltration vom Flusse her und das Eindringen des atmosphärischen Wassers von oben her für den hohen Grundwasserstand verantwortlich machen. Ferner lassen aber nur die Gerölle und groben Kieslager das Wasser unterirdisch frei zirkulieren.

Der Sand setzt, je feinkörniger er wird, der unterirdischen Wasserbewegung einen immer weiter steigenden Widerstand entgegen. Man hat durch genaue Messungen im Talsand der Oder oberhalb von Breslau festgestellt, daß bei starker Wasserentnahme die Absenkung des Grundwasserspiegels 7—8 m auf eine horizontale Ent-

fernung von 40—50 m betragen kann, oder mit anderen Worten: Auf etwa 6 m Entfernung senkt sich der Grundwasserspiegel um ein volles Meter.

Man wird hiernach in unseren großen Flußtälern weniger Grundwasser-„Ströme“ als Grundwasser-Seen zu suchen haben, deren Wasserstand von lokalen Strömungen und Schwankungen beeinflußt wird.

Mit den im Odertale bei Breslau gemachten Messungen stimmen die hydrographischen Karten, welche Delesse von dem Tale der Seine entworfen hat, vollkommen überein. Auch sie beweisen — trotz der völligen Verschiedenheit der sonstigen geologischen Verhältnisse — daß ein Sinken des Grundwasserspiegels nach dem Flusse zu stattfindet; so steht z. B. am Pariser Triumphbogen das Grundwasser 8 m höher als an dem zunächst gelegenen Punkte des Seine-Ufers.

Grundwasserströme, die seitlich von dem höher liegenden Gelände in die Täler herabrinnen, sind nur im Frühjahr nach der Schneeschmelze — so im Lohetal bei Breslau bei Ausschachtungsarbeiten — von mir beobachtet worden. Aber gerade hier ließ sich schon im Juni ein vollkommenes Versagen des Zuflusses nachweisen.

Eine Wasserversorgung — selbst kleinerer Gemeinden — darf also nicht auf Messungen derartiger vorübergehender Wassermengen begründet werden, wie sie etwa von März bis Mai vorhanden sind. Noch mehr Vorsicht ist naturgemäß bei den Vorarbeiten für die Wasserversorgung von Großstädten geboten. Die Breslauer Grundwasserleitung, deren Vorbereitung nur von Hydrologen, ohne jede Befragung von Geologen, geleitet wurde, bietet hierfür ein warnendes Beispiel.

Die sorgfältige Feststellung des Wasserquantums während nasser und trockener Jahreszeiten und während mehrerer Jahre bildet den Ausgangspunkt der Vorarbeiten einer Grundwasserversorgung.

Gleichwertig stellt sich die bakteriologische und chemische Untersuchung (deren Besprechung hier nur angedeutet werden kann) der geologischen Aufnahme des Geländes zur Seite.

Es können Kalk und Magnesia im Wasser gelöst sein, und das Vorhandensein dieser für die menschliche Gesundheit unschädlichen Stoffe erschwert nur die Benutzung des Wassers für Fabrikzwecke, da sich beim Erhitzen Kesselstein in größerem Maße absetzt. Von Metallen ist Brauneisenstein fast immer im Wasser enthalten, kann aber, selbst wenn größere Beimengungen in Frage kommen,

durch Berieselung auf Koksstücken leicht abgeschieden werden. Unwillkommen ist das dem Eise verwandte Mangan, das stärkere (schwarze) Farbenwirkung hervorruft und dessen Ausfällung nur auf chemischem Wege möglich ist.

Noch unwillkommener sind Säuren im Boden, so Salpetersäure sowie die noch gefährlichere salpetrige Säure, deren Vorhandensein auf organische Zersetzungsvorgänge in Fäkalien, Stallmist und anderen unerfreulichen Stoffen hinweist. Ebensowenig dürfen Schwefelsäure und Chlor in irgend einer erheblichen Menge im Gebrauchs- oder Trinkwasser enthalten sein.

Die Verbreitung von schädlichen Bakterien im Untergrunde unserer Großstädte ist durch die neueren Kanalisationsanlagen in sehr erheblicher Weise eingeschränkt worden. Früher hing die Verbreitung der Epidemien oft ganz unmittelbar von dem Stande des Grundwassers ab. So wurde Magdeburg durch furchtbare Choleraeinfälle heimgesucht, die sich aber auf einen Teil der Stadt beschränkten. Es ergab sich nun das merkwürdige Verhältnis, daß die Verbreitung der Cholera nur so weit reichte, wie ein undurchlässiges Gestein (Magdeburger Grauwacke), auf dessen hochstehendem Grundwasser die Cholerabazillen sich in großer Zahl aufhielten und die Brunnen verseuchten. In dem auf sandigem Untergrund erbauten Stadtteile (d. h. über tiefem Grundwasser) kamen nur vereinzelte eingeschleppte Cholerafälle vor.

Bei der Grundwasserversorgung großer Städte in dem Bereiche des Talsandes spielt die Durchlässigkeit des letzteren im Falle der Hochwässer eine Hauptrolle. Besitzt der Sand grobe Beschaffenheit, wie bei Dresden, so läßt er große Mengen von Bazillenkeimen hindurch, und das Wasser muß vor der Verwendung besonders sorgfältig filtriert werden. Ist der Sand dagegen fein, wie in der Oderniederung, so hält er von selbst die mikroskopischen Schädlinge zurück. Die große Seltenheit der Bazillenkeime, die auch nach Überschwemmungen im Breslauer Leitungswasser beobachtet wurden, ist — abgesehen von geologischen und anderen Erwägungen*) — der schlagendste Gegenbeweis gegen die Hypothese, daß Mangan und Eisen vornehmlich durch das Hochwasser von oben her in das Breslauer Grundwasser gelangt sei.

*) Vor allem ist einwandfrei festgestellt, daß der Eisen- und Mangangehalt gerade nach der langen Frostperiode 1906/7, in der kein Zufluß von oben her erfolgen konnte, enorm gestiegen ist.

2. Gefrorenes Grundwasser im hohen Norden.

Der gefrorene Boden Sibiriens ist nicht, wie wohl gelegentlich angenommen wurde, ein Gletscher der Vorzeit, sondern besteht im wesentlichen aus Grundwasser, das in dem kurzen arktischen Sommer durch die Schneeschmelze gebildet wird.

Das atmosphärische Wasser kann nicht — wie in gemäßigten Zonen — überall in den vereisten Boden eindringen, sondern sammelt sich in den Spalten, die infolge der Temperaturschwankungen des Frühjahrs den Boden zerklüften und die durchaus vergleichbar sind den Rissen, die im Vorfrühling das Eis unserer Seen und Teiche durchziehen. A. v. Bunge hat diese Spalten auf der Ljachow-Insel photographiert*); er beschreibt das Donnern, das in stillen Nächten beim Aufreißen der Spalten die Luft durchbebt, und das Strömen des Schmelzwassers, das unter Brausen und Rauschen in diesen Rissen auf Nimmerwiederkehr verschwindet. (Abb. 38.)

Dieses Schmelzwasser der Oberfläche gefriert in der Tiefe; denn wenn auch der Boden Nord-Sibiriens nicht so tief gefroren ist, wie man nach dem Bau des bekannten Schachtes bei Jakutsk annahm, so reicht doch der Frost im Winter und Sommer bis auf 20 oder 25 m hinab.

Das Bodeneis stellt aber Spaltenausfüllungen innerhalb des ursprünglichen Eisbodens dar und zeigt die Tendenz, diesen zusammenzudrücken und teilweise zu verdrängen. Die Photographien A. v. Bunges von der Jana-Mündung (Abb. 39) und der Ljachow-Insel zeigen das ungeschichtete Bodeneis, die Infiltration in den Eisboden und die starke Zusammendrückung, die dieser letztere im Laufe der Jahrtausende erfahren hat.

Andere Bilder von der Ljachow-Insel und der Jana lassen erkennen, wie in dem Boden Sibiriens und Neu-Sibiriens das Bodeneis unter Umständen den vorhandenen Boden vollkommen ersetzen kann. Dadurch, daß auf dem von A. v. Bunge zuerst beobachteten und illustrierten Wege das Wasser der Erdoberfläche und dem Luftmeer unausgesetzt entzogen wird, dadurch, daß dieser Prozeß sicher seit der quartären Eiszeit, wahrscheinlich aber schon seit dem Jungtertiär (Pliocän) in Sibirien andauert, wird unausgesetzt das atmosphärische Wasser durch Gefrieren fest-

*) Vgl. Abbild. in Ges. f. Erdkunde. Berlin 1906, S. 546. Nach den Aufnahmen von A. v. Bunge.

gelegt. Das schon ursprünglich trockene und kontinentale Klima hat also eine weitere Austrocknung erfahren, die noch fortschreitet und sich immer weiter steigert.

3. Schichtquellen und artesische Brunnen.

Von dem auf der obersten undurchlässigen Schicht stehenden Grundwasser sind die in tiefere Schichten eindringenden Quellwässer zu unterscheiden:

Ein Wasserniveau liegt zwischen Tonschichten eingeschlossen



Abb. 38. Spalten der arktischen Moossteppe in denen im Frühjahr das Schmelzwasser versinkt, um später zu gefrieren.
Nach „Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde", Berlin.

oder wird wenigstens von undurchlässigem Ton unterlagert. Hier läuft das Wasser der Schichtenneigung entsprechend ab und tritt in einer Bohrung als artesischer Brunnen (Abb. 40) oder in einem Taleinschnitt als Schichtquelle zutage. Schichtquellen und Schichtbrunnen sind überall verbreitet und zahlreich. Im schlesischen Gebirge bilden z. B. die unteren durchlässigen, aus Sandstein bestehenden Lagen der Steinkohlenformation eine wasserführende Schicht,

deren Quellen unmittelbar über der undurchlässigeren Unterlage zutage treten. Die Grenze der Gesteine wird demnach — z. B. am Abhange des Hochwaldes gegen Waldenburg — durch eine fortlaufende Reihe von Quellen bezeichnet.

In dem mitteldeutschen Bergland ist am weitesten verbreitet die aus drei Gebirgsgliedern bestehende Formation der Trias. Sandstein oben (Keuper) und unten (Buntsandstein), Kalk (Muschelkalk) in



Abb. 39. Mündung der Jana (71° nördl. Breite).
Das gefrorene Grundwasser (B, Bodeneis) verbreitert unausgesetzt die Spalten (Abb 38) und drückt die schwarz-weißen Alluvialschichten des Eisbodens zusammen.
Wie Abb. 38 nach der Originalaufnahme von A. v. Bunge.

der Mitte sind die vorwiegenden, im allgemeinen wasserdurchlässigen Gesteine. Nur dort, wo tonige Lagen größere Mächtigkeit erreichen, begegnen wir Quellenhorizonten, so an der Obergrenze des mittleren und des oberen Buntsandsteins, ferner im mittleren Muschelkalk und vor allem wieder in verschiedenen Lagen des tonreichen Keupers.

Viel seltener findet man die sogenannten Verwerfungsquellen, die im Gegensatz zu den Schichtquellen auf Verwerfungsspalten auftreten. Die „Wasseradern", die gerade von den Quellsuchern als Hauptlieferanten des Wassers betrachtet werden, stellen somit die Ausnahme dar. Wo durch eine Verschiebung der Gebirgsschichten ein durchlässiger Sandstein auf eine undurchlässige Schicht hingeschoben wird, da tritt an der Grenze ebenfalls Wasser zutage.

In sehr viel Fällen müssen wasserführende Niveaus erst durch Bohrungen erschlossen werden, hier der Menschheit zum Nutzen, während sie andererseits in technischer Hinsicht, insbesondere dem Bergbau, ein Hindernis sein können. Es sei da vor allem des „schwimmenden Gebirges" gedacht, jener wassergefüllten Sandablagerungen, die zwischen wasserundurchlässigen Niveaus eingeschlossen sind. Diese Schwimmsand-Ablagerungen sind im nordböhmischen Braunkohlenrevier besonders häufig, wo sie zwischen den einzelnen Flötzen auftreten. Die Anzapfung eines solchen Schwimmsand-Horizontes kann auch etwaige benachbarte Heilquellen in Mitleidenschaft ziehen, wie dies z. B. in Teplitz eintrat. Ein ähnlicher Schwimmsandeinbruch ereignete sich vor einigen Jahren in Schneidemühl. Bei einer Brunnenbohrung in dem dortigen Netzetale wurde der zwischen zwei Tonschichten lagernde wasserführende Sand angeschnitten. Dieser Schwimmsand wurde sofort herausgeschleudert, brachte die ihr Material stetig verlierende Sandschicht zum Nachsinken und bedingte dadurch im Weichbilde der Stadt den Einsturz von Häusern. Hier konnte durch Verstopfung des Ausbruchsloches dem Unheil gesteuert werden. Viele Fuhren von Sand und Lehm waren nötig, bis das auflastende Material die ausbrechende Schwimmsandmasse zurückdämmte. Bei Teplitz wurden die mit dem Wasser der versiegten Heilquellen erfüllten Schächte zunächst ausgepumpt und dann flüssiger Beton auf die Einbruchsstelle geleitet. Nach Erhärtung desselben stellten sich die Quellen wieder ein.

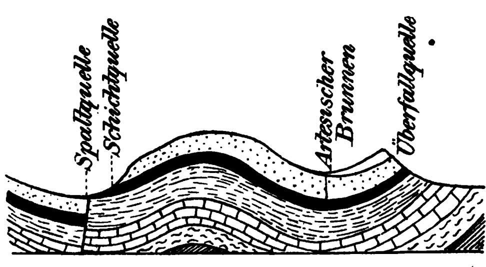


Abb. 40. Schicht- und Spaltenquellen in gefalteten Schichten. Nach Ule.

In etwas abweichender Form tritt in Oberschlesien das als „Kurzawka“ bezeichnete schwimmende Gebirge auf, das die Kohlenformation überlagert und zu dessen Bewältigung der Bergmann besonders schwierige Arbeiten ausführen muß.

4. Die Salzquellen.

Von den Trinkwasserquellen sind die Mineralquellen dadurch unterschieden, daß das Wasser eine größere Masse der aus dem Gebirgsinnern stammenden Mineralsubstanzen gelöst enthält.

Die einfachste Form der Mineralquellen sind die Solquellen, welche entsprechend der Verbreitung von Steinsalz in bestimmten Schichten auch eine schichtförmige Verbreitung besitzen. So ist fast im ganzen Bereich der norddeutschen Ebene etwa von 300 bis 400 m Tiefe an ein solcher soleführender Horizont im oberen Zechstein erbohrt; z. B. besitzt Berlin einige derartig erbohrte Salzwasserquellen und gehört somit zu den natürlichen Solbädern. Die weitere Verbreitung wird durch die Namen Kolberg, Segeberg in Holstein, Hildesheim, Staßfurt, Elmen bei Magdeburg und endlich Hohensalza in Posen bezeichnet. Der Hauptwert dieser Salzformation besteht bekanntlich nicht in dem Steinsalz oder Chlornatrium, sondern den für die Landwirtschaft überaus wichtigen und wertvollen Kalisalzen, für die Deutschland ein Weltmonopol besitzt. (Bd. IV.)

Salz findet sich in fast sämtlichen Schichten der Erdrinde von den ältesten Perioden an, und dementsprechend ist auch die Verbreitung der Solquellen eine allgemeine. Schon der zweitältesten Formation (dem Silur) sind Salzlager im östlichen Sibirien und im Staate New York zuzurechnen, und dementsprechend hat sich in Nordamerika bei Rochester (New York) eine lebhafte Salinentätigkeit entwickelt.

Die seit langem bekannten und ausgebeuteten Solen Süd- und Mitteldeutschlands sind etwas jünger als die eben erwähnten norddeutschen Vorkommen. Die Salinen von Sulza und Kösen, die ähnlichen Vorkommen von Schwäbisch-Hall, Friedrichshall u. a. gehören den mittleren Teilen der Trias-Formation an. Schon die Quellen, die an der Oberkante des Buntsandsteins entspringen, sind zuweilen reich an Salz, das aber ganz besonders in den im mittleren Muschelkalk entspringenden Wässern zu finden ist. Ein starker Bittersalzgehalt kennzeichnet die Quellen des mittleren (oder Gips-) Keupers, während der salzfreie mittlere und untere Buntsandstein

ein besonders reines Wasser liefert. In den Nordalpen ist es wiederum der ältere Teil der Trias (Buntsandstein), der bei Berchtesgaden, Hallein, Hallstatt, Reichenhall und anderwärts Steinsalzschätze hinterlassen hat, deren Gewinnung seit alter Zeit vermittelst der künstlichen Auslaugung der salzhaltigen Tone (des sogenannten Haselgebirges) vor sich geht.

In den Südalpen sind es endlich die Kalke unmittelbar unter der Trias-Formation, welche Gips und Schwefelwasserstoff enthalten, und in denen daher überall Schwefelquellen entspringen. (Innichen in Tirol, Paluzza in Venetien und viele andere.)

Auch in Oberschlesien sind u. a. bei Goczalkowitz*) und Jastrzemb Solquellen in Gebrauch, die jedoch räumlich und geologisch durch einen weiten Zwischenraum von den südlichen und nördlichen Vorkommen getrennt sind. Die oberschlesischen Solen entspringen in den jüngeren (miocaenen), besonders auf dem nördlichen Karpathenrand entwickelten Salzhorizonten, dessen bekanntestes Vorkommen Wieliczka ist; auch in Oberschlesien selbst sind hierher gehörende Steinsalzlager, z. B. bei Loslau, erbohrt worden.

Die Auflösung leicht löslicher Mineralien durch reines Wasser ist der einfachste Fall der Entstehung einer Mineralquelle. Außerdem verleiht die Wärme, sowie die aus dem Erdinnern aufsteigende Kohlensäure dem Wasser eine erhöhte Auflösungsfähigkeit für verschiedene, sonst schwer oder gar nicht auflösbare Stoffe und bedingt dadurch die Entstehung einer Reihe weiterer Mineralquellen, wie der Eisensäuerlinge, der alkalischen Kohlensäuerlinge u. a. m.

Die aufsteigende Kohlensäure treibt auch ohne den — in artesischen Brunnen wirksamen — Druck das Wasser in derselben Weise empor, wie wir es an jeder mit Sekt oder kohlensaurem Wasser gefüllten Flasche sehen können.

5. Quellenspalten und Gebirgsbau.

Die Quellenspalten, aus denen mineralische oder reine Wasser emporsteigen, stehen vielfach, so in Schlesien, am Rhein, bei Wien

*) Bei der Untersuchung der 1906 erbohrten Sole ist ein Salzgehalt von 2,502 % festgestellt worden. Dies Ergebnis stimmt annähernd überein mit dem Salzgehalt der im Jahre 1856 erbohrten Mariaquelle, welche bei 400 m Tiefe 2,3 % und bei 616 m Tiefe 4 % Salz ergab. Die Analyse der durch die Mariaquelle erschlossenen Sole hat bei einem Gewicht von 100 g 15,09 g Natrium, 6,58 g Kalium, 0,00069 g Lithium, 2,014 g Calcium, 0,959 g Magnesium, 25,97 g Chlor, 0,0306 g Brom und 0,0127 g Jod ergeben.

und in Amerika (Glenwood Springs, Abb. 41) im engsten Zusammenhange mit dem Bau der Gebirge.

Die Kissinger Mineralquellen steigen z. B. auf einem von NNW nach SSO verlaufenden Bruche empor, zeigen aber trotzdem eine nicht unerhebliche Verschiedenheit der Zusammensetzung.

Es enthalten (abgekürzt) nach E. Kaiser:

	Pandur-Quelle.	Rakoczy-Quelle.	Schönborn-Sprudel.
Kochsalz	5,5	5,8	9,4
Chlorkalium	0,25	0,29	0,06

Während die beiden ersteren einander recht nahe stehen, zeigt der Schönborn-Sprudel trotz der Lage auf derselben Störungszone eine erhebliche, nicht durch einfache Konzentration erklärliche Verschiedenheit. Man muß sich eben vorstellen, daß eine Verwerfung nicht als ein einheitlicher, wie mit dem Messer gezogener Schnitt die Erdrinde durchsetzt, sondern aus einem System von Klüften besteht, die z. T. zusammenhängen (Pandur, Rakoczy), z. T. aber gegeneinander abgedichtet sind.



Abb. 41. Der natürliche Springbrunnen der Therme von Glenwood. (Colorado; Glenwood hot springs.) Nach Photographie.

Ein Blick auf eine geologische Karte zeigt, daß Mineralquellen dort in größerer Zahl auftreten, wo Gebirgsstörungen die Erdrinde durchsetzen; vor allem treten dort, wo sich mehrere Bruchspalten durchkreuzen, zahlreiche Quellen zutage.

Im südlichen Teile der Grafschaft Glatz ist das Grundgerüst

des Gebirges stark zerrüttet, ohne daß diese Störungen in der Oberflächenform durchweg zum Ausdruck gelangten. Ein System nordsüdlicher Brüche, deren bedeutendste die Talränder der oberen Neiße bilden, wird von Störungen getrennt, welche in der Richtung NW-SO der Längenstreckung der nördlichen Sudeten folgen. In dieser Zerrüttungszone, deren Zentrum etwa durch das Bad Reinerz bezeichnet wird, treten zahlreiche, aus Kohlensäure und Wasser bestehende Quellen zutage, so Kudowa, Gellenau, die verschiedenen Quellen bei Reinerz, Hartau, Grafenort und weiter südlich Langenau.

Bei Alt-Heide kommt eine dritte NO-SW-Richtung der Störungen hinzu, welche als eine Aufspaltung — quer zur Längsrichtung des Gebirges — zu deuten ist. Die in neuester Zeit durch Bohrungen teils erschlossenen, teils beeinträchtigten Quellen von Alt-Heide entspringen auf dem Bruchkreuz, das durch die rechtwinkelig aufeinander treffenden NW-SO- und NO-SW-Sprünge gebildet wird.

Auch im Waldenburger Lande ist der Ursprung der Obersalzbrunner Quellen auf einer Querverschiebung zu suchen, die in ihrem von SW nach NO gerichteten Verlaufe genau mit dem Salzetal zusammenfällt und ein Emporsteigen des salzhaltigen Kohlensäuerlings aus großer Tiefe ermöglicht.

Den Charakter von Querbrüchen tragen auch die Spalten, auf denen am Nordabhange des Riesengebirges die Quellen von Warmbrunn und im Katzbachtal der Mineralbrunnen von Hermsdorf entspringt.

Diese meist kurzen, quer zur Längsrichtung des Gebirges aufgerissenen Spalten scheinen weiter in die Tiefe zu reichen und somit die dort vorhandenen Kohlensäurequellen besser aufzuschließen, als die großen, das Antlitz der Landschaft beherrschenden Längsbrüche. Der große sudetische Randbruch trennt zwischen Jauernig und der Gegend von Liegnitz das sudetische Hügelland von der eigentlichen Erhebung des Gebirges und bringt so klar wie wenige andere geologische Linien den inneren Bau auch in den Formen des Landschaftsbildes zum Ausdruck. Trotzdem sind Mineralquellen auf dieser Gebirgslinie nicht bekannt, und ähnliches gilt für die große Lausitzer Überschiebung, die von der Elbe an nach Osten die Südgrenze des Gebirges bildet.

Das Ostende der Alpen bei Wien wird durch eine von der Hauptstadt bis Gloggnitz verlaufende Linie bezeichnet, an der das Gebirge in die Tiefe gesunken ist. Sowohl die Erdbeben wie die

warmen Quellen Niederösterreichs folgen dieser Richtung, zu welcher die Trace der Südbahn in geringem Abstande parallel läuft. Die hohe Temperatur der Quellen von Mödling, Baden, Vöslau, weiter von Fischau, Brunn und dem Seilerbründl deutet darauf hin, daß diese Thermenlinie tief in das Gefüge der Erde einschneidet. Viel weiter im Süden schneidet in Kärnten inmitten der Alpen ein ebenfalls etwa NS verlaufender Querbruch das gewaltige Kalkmassiv des Dobratsch ab (Vgl. Vortrag V, Abb. 48) und auch hier quillt unmittelbar aus der Spalte eine mächtige warme Quelle, das Villacher Warmbad, empor.

Ein Bruchgebiet von noch größerer einheitlicher Ausdehnung stellt das ungarische Mittelgebirge zwischen Wien und Budapest dar; alle die bis zu mittlerer Höhe sich erhebenden, unter verschiedenen Namen (Ofener Gebirge, Vértes Bakony) bezeichneten plateauartigen Erhebungen bestehen aus Schollen von Kalk und Dolomit, die durch Brüche gegeneinander verworfen sind. Zahlreiche, meist schwefelwasserstoffreiche Thermen sprudeln aus diesen Spalten hervor und verraten durch ihre hohe bis 50° C steigende Temperatur ihren Ursprung tief in der Erdrinde. Die bekanntesten Quellen, die schon seit alten Zeiten in Gebrauch sind, entspringen auf der Margarethen-Insel und der Ofener Seite der ungarischen Hauptstadt, wo das Mittelgebirge gegen die Donau hin abbricht. Aber das ganze Bergland ist reich an ähnlichen Vorkommen, die z. T. schon seit uralten Zeiten ausgedehnte Flächen mit Absatz von Quellkalk (Kalksinter) bedeckt haben und die bis 228 m Seehöhe emporreichen. Bis zum Südende des Plattensees sind warme Quellen bekannt, die durchweg demselben Gestein (Dolomit) entstammen und daher eine ähnliche Zusammensetzung zeigen.

6. Quellenbohrungen, Bergbau und Heilquellen.

Man hat wiederholt, so bei Nauheim, Alt-Heide und Grafenort die Ergiebigkeit der auf Brüchen entspringenden Quellen durch Bohrungen zu erhöhen versucht. Aber dieses Anzapfen der Quellenspalte ist ein zweischneidiges Schwert.

Über Nauheim sind keine genaueren Nachrichten in die Öffentlichkeit gedrungen; jedoch hat jedenfalls nach einer anfänglich erhöhten Wasserzufuhr ein ganz allgemeines Nachlassen des Quellenreichtums stattgefunden.

Eine Verbesserung der Quellenzusammensetzung ist häufig durch viel einfachere Maßnahmen ausführbar. Bei dem bekannten schle-

sischen Bade **Reinerz** hatte der Kohlensäure- und Mineralgehalt der Ulrikenquelle nachgelassen, und es lag die Möglichkeit vor, durch Neufassung der Quelle, Nachbohren in dem Quellenschacht oder durch Anbohren der Quellspalte die reinen mineralischen Wässer in der Tiefe direkt zu erreichen. Doch schien es mir viel gefahrloser und billiger zu sein, den im Laufe der Jahre etwas gesteigerten Zufluß eines an sich reinen und guten Grundwassers, das die Mineralquelle verdünnte, durch Dränage-Röhren abzufangen. Diese einfache Maßnahme hat den Gehalt der Ulrikenquelle an Kohlensäure und Mineralbestandteilen und somit die therapeutische Verwendbarkeit wesentlich gesteigert, ohne daß eine kostspielige und immerhin gefährliche Bohrung nötig geworden wäre.

Für die Erbohrung neuer Quellen ist zunächst die genaue Kenntnis des geologischen Aufbaus, insbesondere des Verlaufes der Quellenspalten erforderlich. Bei dem Aufsuchen von Kohlensäuerlingen leisten die in langsam fließenden Bächen aufsteigenden Gasblasen gute Dienste. Ferner bestätigt sich immer wieder die bekannte Beobachtung, daß über Kohlensäurequellen (den sogenannten Mofetten) die Pflanzen, insbesondere die Bäume verkümmern oder ausgehen.

Wie leicht auch der Bergbau den Mineralquellen Gefahr bringen kann, zeigen in den Braunkohlengruben von Nordböhmen die Schwimmsandeinbrüche, welche gleichzeitig das Versiegen der Teplitzer Quellen bedingten. Eine ähnliche Gefahr bedrohte einst das Bad Ems im rheinischen Schiefergebirge. Wir haben dort regelmäßige von Nordosten nach Südwesten streichende bandförmige Faltenzüge (Sättel und Mulden) aus Schiefer und Quarzit. Auf einem solchen Quarzitsattel, dem Emser Quellensattel entspringen die dortigen Heilquellen. Der Quarzit, der den Schiefer unterlagert, ist als das Muttergestein des austretenden Wassers und der Kohlensäure anzusehen. Unterlagert wird dieser Sattel von undurchlässigen Tonschieferschichten. Unterhalb von Ems hatte man nun einen Gang von einem sehr reichen, silberhaltigen Bleierz aufgefunden, der unglücklicherweise in östlicher Richtung auf den Quellensattel zustrich. Zwischen der Bergwerksgesellschaft, die diesen Gang in Abbau nahm, und der Badeverwaltung kam es zu einem Konflikt, da zu befürchten war, daß bei dem stetigen Vortrieb des Bergbaus nach den Quellen hin das Quellenniveau angezapft und dem Badeort der Lebensfaden abgeschnitten werden könnte. Das Oberbergamt mußte daher die Fortsetzung dieses die Quellen gefährdenden Bergbaus untersagen.

In vielen Fällen treten Mineralquellen in großer Zahl in

allen Eruptivgesteinen zutage; auf Lipari, dem Mittelpunkt der rein vulkanischen Inseln des Äolischen Meeres, sind sämtliche Quellen so stark mineralhaltig, daß das Wasser ungenießbar ist und die Bewohner auf Zisternen angewiesen sind.

Im Yellowstone-Gebiet im fernen Westen von Amerika übertrifft die Mannigfaltigkeit und Zahl der Thermen sogar die schon erwähnten böhmischen Mineralquellen, die in ganz gleicher Weise aus einem Gebiet bedeutender Störungen des Gebirges hervorbrechen. Unter den böhmischen Quellen verdient der bekannte Karlsbader Sprudel besondere Beachtung. Wir haben es hier mit einer Quelle zu tun, deren Wasser im Gegensatz zu allen bisher betrachteten nicht von atmosphärischen Niederschlägen stammt, sondern aus dem Grundgebirge der Erde seinen Ursprung herleitet. Aus dem Erdinnern, aus vulkanischer Tiefe ist es zuerst dampfförmig emporgedrungen und hat sich, auf Spalten aufsteigend, allmählich zu Wasser kondensiert. Der Karlsbader Sprudel ist der Typus einer sogenannten juvenilen Quelle, die ihre Eigentümlichkeit in besonderer Weise durch die Absonderung von bedeutenden Mengen kohlensauren Kalkes zum Ausdruck bringt. Gerade dieser Umstand hat eine Erklärung für ihre Entstehung geliefert. Denn der Sprudel entspringt in einem Granitgebiet, welchem der Kalk vollkommen fehlt. Es bleibt daher nur die Möglichkeit, daß dieser Gehalt an kohlensaurem Kalk aus größeren Tiefen des Erdinnern stammt, daß wir also hier ein aus dem Erdinnern emporsteigendes Wasser vor uns haben. Die Menge der sich aus dieser Quelle ausscheidenden Mineralbestandteile ist so groß, daß, um eine Verstopfung des Quellschachtes zu verhindern, von Zeit zu Zeit die Absätze fortgeschafft werden müssen, wofür ein eigens zu diesem Zweck angestellter Quellengeologe zu sorgen hat. Tritt im Quellschacht vorübergehend eine Verstopfung ein, so zeigen eine Reihe von höher gelegenen, sonst bedeutungslosen Quellen am Tepelufer einen stark erhöhten Wasserreichtum.

So einfach die chemische Unterscheidung zu sein scheint, so schwierig ist ihre Verwendung für eine Einteilung der Quellen (siehe S. 89); zunächst sind Quellen mit chemisch reinem Wasser sehr selten und kommen häufiger nur im Hochgebirge dort vor, wo das Gletscherwasser keine Möglichkeit besitzt, sich in seinem kurzen Laufe mit Salzen zu verbinden. (Diese chemisch reinen Wässer werden häufig im Volksmunde als „Giftquellen" bezeichnet, da das reine Wasser auf die Schleimhäute eine ätzende Wirkung ausübt). Andrer-

seits ist ein Zusatz von Kalk (also hartes Wasser), Eisen, Kohlensäure oder Kochsalz in geringen Mengen so verbreitet, daß man erst von einem bestimmten Prozentsatze an die Quellen als „Mineralwässer" zu bezeichnen pflegt. Endlich wird auch dieser Prozentunterschied verschieden zu bewerten sein, denn z. B. macht sich ein Zusatz von Arsenik in ganz anderer Weise bemerkbar, als die gleiche Menge von Kalk oder Eisen.

Die rein geologische Unterscheidung in Schicht- und Spaltenquellen (s. o.) ist nur so weit durchzuführen, als die Austrittsöffnung der Quelle berücksichtigt wird: denn da die Erdrinde aus schichtförmig angeordneten Gesteinen besteht, so sammeln sich die auf einer Spalte zutage tretenden Wasser zunächst auf einer oder auf mehreren Schichten an.

Als einzige durchgreifende Unterscheidung bleibt somit der Gegensatz kalter und warmer Quellen; zu letzteren, die aus größerer Tiefe aufsteigen, gehören alle solche, deren Temperatur die mittlere Wärme des Ortes auch nur um einen Grad übersteigt. Der mit den Jahreszeiten schwankende Wechsel der Quellentemperatur deutet lediglich auf den oberflächlichen Lauf der Quellenwässer (der „Rasenquellen", „Bodenquellen" oder „Gehängequellen" hin. Da der der Oberfläche genäherte Verlauf die Möglichkeit der Verunreinigung in sich schließt, sind ganz besonders als Heilquellen nur solche Wässer zu benutzen, deren Temperatur das ganze Jahr hindurch konstant ist.

7. Quellen in der Wüste.

So wichtig warme und kalte, mineralische und Trinkwasserquellen überall sind, so wird doch nirgends das aus dem Erdinnern stammende Wasser höher geschätzt werden als in der Wüste. Wie viel auch hier die Untersuchung erfahrener Geologen die Wohlfahrt zu fördern vermag, das lehren die Erfolge der Franzosen in Algerien und die Untersuchungen Zittels in der lybischen Wüste: „In der Umgebung von Kasr Dachel", schreibt der Genannte, „sprudeln allein 30 oder 40 mächtige Thermen hervor, und ihre Zahl kann fast beliebig vermehrt werden. Die älteren Quellen kommen entweder freiwillig aus den Spalten des Kreidemergels hervor oder sie wurden schon zu einer Zeit gegraben, welche der Tradition der Oasenbewohner entrückt ist; die neuen Brunnen werden durch Schachtabteufen hergestellt. Man sollte denken, daß jeder neue Brunnen die zunächst gelegenen in ihrem Wasserreichtum beeinträchtigen müßte,

allein bis jetzt hat sich eine derartige Erscheinung noch nirgends gezeigt. Der unterirdische Wasserbehälter scheint geradezu unerschöpflich zu sein". Die früher größere, durch Ruinen und zahllose Baumstümpfe bezeichnete Ausdehnung der lybischen Oasen sei somit nicht durch eine Änderung der physikalischen Verhältnisse, sondern durch bessere Ausnützung derselben und den höheren Kulturstand bedingt, den das Land unter den altägyptischen Königen besessen habe.

Der Ursprung des artesischen Wasserreservoirs der Wüsten-Oasen ist vielleicht wie der Ursprung des Nils in den äquatorialen niederschlagsreichen Gebieten zu suchen; die ganz allmählich nordwärts gerichtete Neigung der wasserführenden Schicht und ihr guter Abschluß nach oben erklären diese großartigste Entwicklung des Phänomens der artesischen Brunnen, welche wir kennen. Wenn auch in unserer südwestafrikanischen Kolonie die geologischen Verhältnisse nicht so günstig liegen wie in der lybischen Wüste, so bildet doch auch hier eine genaue geologische Aufnahme eine der ersten Grundlagen der kulturellen Hebung.

Der natürliche Anlaß für das Emporquellen des Wassers der Oasen ist aber in dem Vorhandensein von Verwerfungen oder sonstigen Störungen der Erdrinde zu suchen. Der Wind, von dessen mächtiger Einwirkung das zweite Bändchen handelt, spielt bei der Entstehung der Oasen keine Rolle

8. Radioaktivität der Quellen.

Die Heilwirkung der warmen und kalten Mineralquellen beruht höchst wahrscheinlich in einem sehr erheblichen Maße auf ihrer Radioaktivität, d. h. auf der Menge der chemischen Verbindungen und Elemente, welche in ihrer Strahlungswirkung dem Radium ähneln; von diesen Strahlungswirkungen sind die elektrischen Einflüsse am leichtesten festzustellen. Gerade die Heilwirkung mancher reinen Therme wie der Gasteiner ist höchst wahrscheinlich nur auf diese Radioaktivität zurückzuführen.

Für das Vorkommen und die Menge dieser dem Radium nahekommenden Substanzen ist der Gebirgsbau und die Zusammensetzung der Gesteine in erster Linie bedeutungsvoll, oder mit anderen Worten: Das Vorhandensein der Gebirgsstörungen (Brüche), sowie die Nähe der Eruptivlaven (Porphyr, Basalt) und der im Erdinnern erstarrten Gesteine wie Granit und Gabbro bedingt das Emporbringen radioaktiver Substanzen. Die schlesischen Quellen entspringen

nun vielfach in der Nähe granitischer Gesteine, so Reinerz, Cudowa, Gellenau und Warmbrunn, oder sie sind porphyrischen (Salzbrunn), oder endlich granitischen und basaltischen Gesteinen genähert (Landeck).

Es ist von autoritativer Seite die Ansicht ausgesprochen worden, daß die stärkere Heilwirkung natürlicher Mineralwässer im Gegensatz zu übereinstimmend zusammengesetzten Kunstprodukten auf der Radioaktivität der ersteren beruhe. Jedenfalls ist es Tatsache, daß viele Mineralwasser durch die Versendung



Abb. 42. Heiße Quellen im Simplon-Tunnel
Nach einer Photographie von Professor H. Schardt.

eine wesentliche Beeinträchtigung ihrer Wirkung erfahren; die Hinfälligkeit vieler radioaktiver Substanzen würde eine verständliche Erklärung für diesen Vorgang geben.

Jedenfalls liegt es im Interesse der in den Badeorten Heilung suchenden Menschheit, daß diese interessanten aber keineswegs einfachen Verhältnisse durch Untersuchung der geologischen Umgebung und der physikalischen Eigenschaften der Mineralquellen aufgeklärt werden. Es ist leicht verständlich, daß z. B. ein leicht abzuleitender

Einfluß von Sickerwasser die Radioaktivität und damit die Heilwirkung der Quelle wesentlich zu beeinträchtigen vermag.



Abb 48. Heiße Quellen im Simplon-Tunnel.
Nach einer Photographie von Professor H. Schardt.

9. Thermen im Hochgebirge.

Eine besondere Art der Entstehung setzen die fast immer stark radioaktiven warmen Quellen voraus, welche im Innern hoher Gebirge entweder in tief eingeschnittenen Tälern (Gastein, Bormio) oder auf Paß-Übergängen (Brennerbad) zuweilen auch auf der Randspalte des Gebirges entspringen. Zu den letzteren, nicht allzu häufigen Thermen gehört Manitou springs, die Quelle, die aus dem Randbruch der Rocky Mountains unterhalb des Pikes Peak in Co-

lorado sprudelt. Die heißen Quellen, welche bei dem Bau langer Tunnels, vor allem im Simplon durch die Bohrmaschinen der Ingenieure angeschlagen wurden und zum Teil die Arbeiten erheblich beeinträchtigten, haben denselben Ursprung wie die mehr oberflächlichen Thermen.

Im Innern der Gebirge steigt die Erdwärme an und zeigt Schichten gleicher Wärmeverteilung, welche in abgeschwächtem Maße den Erhebungen der Berge entsprechen. Die von außen eindringenden Regen- und geschmolzenen Schneewässer werden somit schon im Gebirgsinnern an Punkten erwärmt, welche weit über der Oberfläche des Meeres liegen, und auf den wasserführenden durchlässigen Quellenhorizonten zirkulieren somit Wässer, deren Wärme weit über dem Jahresmittel der Oberfläche liegt. Wird nun durch eine Paßeinsenkung (Brenner) oder im tiefen Tal ein solches Wasserniveau angeschnitten, so tritt eine Therme zutage, und bei den in das Gebirgsinnere vordringenden Stollen und Eisenbahntunnels werden unter Tage Quellen angeschnitten, deren Temperatur um so höher ist, je weiter der Bergmann in das Gebirgsinnere eindringt.

Am Simplon (Abb. 42 u. 43) hat man bekanntlich der kombinierten Wirkung der Erdwärme und der heißen Quellen nur durch gleichzeitigen Bau von parallelen Tunnels begegnen können, die eine energische Lüftung und Wasserableitung ermöglichten.

Heiße regelmäßig fließende Quellen sind im Gegensatze zu den auf ähnliche Ursachen zurückzuführenden Springquellen und Schlammvulkanen in vulkanischen und Verwerfungsgebieten sehr verbreitet: Springquellen oder Geysers bilden sich in einem am Unterende erweiterten Quellschacht, sobald die unter hohem Druck stehende überhitzte Wassersäule sich in Dampf verwandelt und das Wasser des Quellschachtes hinausschleudert. (Bd. I.)

10. Schlammvulkane.

Schlammvulkane entstehen dort, wo ein mit Gas — z. B. mit Kohlensäure — gesättigtes Wasser auf seinem Wege aufwärts leicht lösliche Tonmassen antrifft. Der Schlamm wird periodisch — ähnlich wie bei dem Geyser — ausgeworfen und bildet beim Abtrocknen flache — meist kleine äußerlich den Feuerbergen ähnliche — Kegel, in deren Krater dann die weiteren Ausbrüche vor sich gehen. (Vgl. Bd. I.)

11. Einteilung der Quellen.

Geysers — Juvenile Quellen — Atmosphärische Quellen.

Im Gegensatze zu der weit verbreiteten Masse der aus atmosphärischem Wasser gebildeten Quellen stellen Geysers, Schlammvulkane und juvenile Quellen gewissermaßen Ausnahmen dar.

Während die Schlammvulkane — angesichts der bedeutenden Masse fester Bestandteile — aus dem Bereiche der Quellen herausfallen, stammt das Wasser sowohl der juvenilen Quellen wie das der heißen Geysers aus dem Erdinneren; es wurde in dem „juvenilen", dem Jugendzustand der Erde von den erstarrenden Gesteinen, innerhalb der Erdrinde eingeschlossen und gelangt nun dort nach oben, wo auf Spalten ein langsames Aufsteigen und eine allmählige Kondensation des Wasserdampfes möglich ist.

Die vorangegangenen Ausführungen zeigen die außerordentliche Mannigfaltigkeit des Quellenphänomens und die Schwierigkeit, eine naturgemäße Einteilung der verschiedenen Formen des austretenden Wassers durchzuführen. Man könnte im Bereich der durch atmosphärische Niederschläge gespeisten Wässer vom Standpunkte des Chemikers Mineral- und Trinkwasserquellen, von geologischen Gesichtspunkten Schicht- und Spaltenquellen, von physikalischer Betrachtung ausgehend „kalte" und „warme" (d h. über der Mitteltemperatur des Ortes liegende) Quellen unterscheiden.

V. Vortrag.

Über Bergstürze.

Bergstürze und Bergschlipfe gehören zu denjenigen Erscheinungen, welche in besonders lebhafter und wirkungsvoller Weise die Abtragung der Gebirge befördern. Wie bei der Höhlenbildung ist die allgemeine Ursache die durch unterirdische Erosion des Wassers hervorgerufene Auflösung der Gesteine, vor allem des Kalkes. Der Gebirgsschutt ähnelt in seiner Struktur und der äußeren Form den Ablagerungen der Bergstürze; er unterscheidet sich vor allem durch die Langsamkeit der Anhäufung und den steileren Gehängewinkel der Schutthalden. Gehängeschuttbildung und Bergstürze arbeiten auf das gleiche Ziel der Abtragung der Gebirge hin und sind daher im Zusammenhange zu betrachten, trotzdem die ersteren auf die äußere,

die letzteren auf die innere Tätigkeit des atmosphärischen Wassers zurückzuführen sind.

Versuchen wir uns den Vorgang der Zerstörung und Abtragung der Gebirge vor Augen zu führen.

Die einerseits durch chemische Zersetzung, andererseits durch Spaltenfrost hervorgerufenen Verwitterungserscheinungen zernagen und zerstören die Abhänge der Berge. Die Erosion des fließenden Wassers, insbesondere der Wildbäche oder die Vorgänge der Murenbildung befördern nur indirekt durch Unterwaschung der Gehänge die Schuttbildung und befördern so die Anhäufung von Schuttkegeln, denen die geschichteten Ablagerungen der Bäche und Flüsse entsprechen. Es ergibt sich also folgende Übersicht der Schuttbildungen im Hoch- und Mittelgebirge:

A) Durch Verwitterung werden veranlaßt:

1. Bergstürze, flach ausgebreitet entstehen durch chemische Zersetzung nur im Hochgebirge (Abb. 44, 50).
2. Gehängeschutt, steil geneigt entsteht durch Spaltenfrost oder chemische Zersetzung, bewegt sich zum Teil durch Haarfrost*) und findet sich überall.

B) Der Erosion des fließenden Wassers entsprechen:

1. Schuttkegel, flach geneigt = Murenbildung (Vortrag I), fast nur im Hochgebirge.
2. Geschichtete Ablagerungen — Absatz der Flüsse und Bäche, fast horizontal gelagert (Vortrag II); überall.

Die vorliegende Gliederung geht von der äußeren Form d. h. von morphologischen Gesichtspunkten aus; die innere Struktur der auf verschiedenem Wege entstandenen Schuttbildungen weist bei Bergstürzen, Gehängeschutt und Wildbächen nur geringe Unterschiede auf.

Der Gehängeschutt ist steil geneigt; Bergstürze bilden dagegen flachere, weit ausgebreitete Kegel. Die Schuttkegel der Muren besitzen eine schwache, aber noch deutlich wahrnehmbare Neigung, während die geschichteten Ablagerungen der Flüsse und Bäche eine im wesentlichen horizontale Oberfläche zeigen.

---

*) Haarfrost entsteht durch die z. B. in kalten Herbstnächten haarförmig ausfrierende Feuchtigkeit. Die Haarfrostbüschel tragen kleine Geschiebe oder Erdhäuschen empor und bedingen beim Auftauen deren Abwärtsgleiten.



Abb. 44. Der Bergsturz in der Bocca di Brenta. Die Trümmer des Sturzes (1) nehmen in flacher Ausbreitung den ganzen Vordergrund ein; die Flächen des! Gehängeschutts (2), des Mittel- und Hintergrundes sind viel steiler geneigt. Man beachte die talwärts geneigten Schichten des Dachsteinkalkes in der Gegend der Abbruchsstelle im Vordergrunde rechts. Nach einer Photographie von V. Sella.

Die Bergsturzmassen bestehen, ähnlich wie der Gehängeschutt, aus eckigen Trümmern; das Material der Schuttkegel setzt sich aus kantengerundeten, den Glacialgeschieben ähnlichen Geröllen zusammen. Die Ablagerungen der eigentlichen alluvialen Ebenen bestehen aus den im Wasser gerundeten Rollsteinen, aus Kies und aus Sand.

Schuttkegel und vor allem der Gehängeschutt zeigen das Bestreben, die Gebirge allmählich einzuhüllen oder in ein „Puppenstadium" zu überführen.

Der verschiedenen Form und Struktur entspricht die abweichende Entstehung der einzelnen Schuttgebilde.

Die Entstehung des Gehängeschuttes beruht auf der physikalisch wirkenden Kraft des Spaltenfrostes. Eis nimmt ein etwas größeres Volumen ein als dieselbe Gewichtsmenge von Wasser. Wenn also bei Tage Wasser durch Spalten in das Gestein eindringt und in der Nacht gefriert, so werden Trümmer von der Gesteinsmasse abgesprengt. Die abgerollten Trümmer bleiben als Gehängeschutt an den Flanken der Gebirge liegen.

Im Gegensatz hierzu steht die chemische Zersetzung der Gesteine, die Auflösung von Kalk ($CaCO_3$), Gips ($CaSO_4$) und Steinsalz ($NaCl$).

Spaltenfrost wie chemische Auflösung befördern das Gleiten auf geneigter Unterlage. Das Abgleiten eines isolierten Felskegels auf geneigter Unterlage ist der einfachste Fall und gleichzeitig das typische Beispiel eines Bergsturzes; jedoch sind nur wenige Beispiele für die Bewegung eines ganzen Berges bekannt.

Der hochverdiente, leider zu früh der Wissenschaft entrissene Eduard Richter, beschreibt einen solchen Bergsturz aus dem südlichen Teile von Tirol:

„Das herrliche Gebiet der Brentagruppe besteht vielfach aus prismatischen Felskörpern, die sowohl isoliert als auch orgelpfeifenartig aneinandergereiht vorkommen, so daß sie im allgemeinen an die bekannten Formen der drei Zinnen bei Schluderbach erinnern. Ein solcher Felskörper verlor nun seinen Halt und stürzte in das Tal, das von der Alpe Brenta Alta zur Bocca di Brenta (Abb. 44) emporzieht. Alle diese Felszähne sind quer über ihre Höhendimensionen geschichtet, und es scheint nun, daß der betreffende Felskörper, welchen die Schichtung nicht horizontal, sondern schief durchsetzte, von einer Schichtfläche abgeglitten ist, als das eingesickerte und gefrorene Wasser ihn von seiner Verbindung losgelöst hatte. Die Höhe des abgestürzten Körpers beträgt jedenfalls mehrere hundert

Meter, ob 400 oder mehr, wage ich nicht zu entscheiden; der Durchschnitt etwa den vierten Teil der Höhe. Die Masse ist nun zunächst eine Wandhöhe von 200 m herabgefallen, hier auf eine vorspringende Bastion aufgeschlagen und hat sich von hier aus nach allen Richtungen in das Tal ergossen. Das Auffallende und Merkwürdige an der Sache ist die Wahrnehmung, daß dieser harte weiße Kalk nach seinem hohen Sturze nicht wie ein fester Körper am Orte seines Falles liegen blieb, sondern wie eine Flüssigkeit, die hoch herab ausgegossen wird, nach allen Seiten unglaublich weit auseinandergestoben ist. Beweis dafür ist die eine Tatsache, daß man mehr als $1^1/_2$ Stunden über die Trümmer zu klettern hat, wenn man zur Bocca di Brenta hinaufsteigt. Dabei konnte natürlich die Schicht, in welcher das Trümmerwerk den Boden bedeckt, nicht sehr mächtig werden; ich schätze dieselbe in den äußeren Partien des überdeckten Gebietes auf wenige Meter."

„Es müßte ein überwältigender Anblick gewesen sein, diese Kaskade von weißem kieselharten Kalk zu sehen, welche sich unter betäubendem Geräusch, scheinbar flüssig wie Wasser, über die Wände herabgoß, umschwärmt von einem Hagel scharfkantiger Geschosse, die nach allen Seiten davonsprühten. Doch gönnte die Natur keinem Sterblichen diesen Anblick; eine regnerische Nacht verhüllte das Schauspiel; nur die Bewohner von Santa Maria di Campiglio hörten das entsetzliche Getöse und glaubten, die Welt gehe unter."

Ein kleineres Abbild des Sturzes in der Brentagruppe bilden die fünf Türme (Abb. 45) bei Cortina d'Ampezzo. Der eine Felskegel ist umgefallen, der andere, links auf dem Bild dargestellte, macht den Eindruck, als ob er auf seiner Unterlage abgleiten wolle.

Häufiger als der vollkommene Sturz eines Berges, ist das Herausbrechen einzelner Ausschnitte, die immerhin Massen von Millionen Kubikmeter Gestein darstellen. Der Absturz erfolgt, nachdem sich Risse gebildet und immer mehr vertieft haben. Der Abbruch der Gesteinstrümmer und ihre Ausbreitung auf dem Talgrund zeigt ähnliche Bilder wie das Abgleiten einer Grundlawine. Man findet infolgedessen die Gesetze der Lawinenbewegung wieder bei der Beobachtung der Bergstürze. Die Gesteinstrümmer werden gleichsam flüssig, wirken aber infolge der großen Massen noch verheerender wie eine Lawine. Talflächen von mehreren Kilometern Breite werden vollkommen überschüttet. Oft staut sich die Masse gleich Brandungswellen an entgegenstehenden Hindernissen. Auf den gegenüberliegenden

Hängen wurden vorher durch den gewaltigen Luftdruck Bäume wie Zündhölzer umgeknickt.

Glücklicherweise bildet die Katastrophe des Bergsturzes im Gegensatz zu der unausgesetzt vor sich gehenden Abbröckelung des Gehängeschuttes ein verhältnismäßig selten eintretendes Ereignis. Die räumliche Ausdehnung der Bergsturztrümmer in den Alpen ist sogar im Vergleich zu der von anderen oberflächlichen Bildungen eingenommenen ziemlich geringfügig.

Bergstürze stellen eine Eigentümlichkeit der Hochgebirge dar



Abb. 45. Die Fünf Türme (Cinque Torri) bei Cortina d'Ampezzo. Verwitterte, zum Teil umgebrochene Türme von Dachsteinkalk. Nach Photographie.

und fehlen im Mittelgebirge*), wenn man von den unter Umständen ähnlichen Bergschlipfen absieht, so gut wie gänzlich. Eine dieser Ausnahmen, der Bergrutsch beim Godesberg, sei hier nach den anschaulichen Aufnahmen und Zeichnungen Fliegels wiedergegeben. (Abb. 46. 47)

In einer Tongrube war eine wasserundurchlässige, nach der Tiefe zu geneigte Sohle vorhanden, auf der die überlagernden durchlässigen Bildungen abgerutscht sind.

*) Im Mittelgebirge finden sich Gehängeschutt und Schuttkegel, die hier eine entsprechend größere Ausdehnung erlangen.

Ein Eingreifen der Menschen ist auch hier zu verzeichnen; durch Abbau der Tonschicht wurde dem durchlässigen Gestein (Trachyttuff) der stützende Halt genommen, nachdem es schon vorher durch Grundwasser zersetzt worden war. Der Bergrutsch hat durch seine Verwüstungen inmitten einer bevölkerten Ortschaft erheblichen Schaden angerichtet. Die in Bewegung gesetzte Masse — 40000 cbm — steht jedoch in keinem Verhältnis zu den Millionen von Kubikmetern, welche ein alpiner Bergsturz zu Tal fördert.

Während in Mitteleuropa Bergschlipfe zu den Ausnahmen gehören und in den selten beobachteten Fällen meist durch Bahnbau oder Tongrubenbetrieb verursacht sind, gehören sie in dem nördlichen und südlichen Apenin zu den charakteristischen Oberflächenformen und bilden überall, wo sie auftreten, eine wahre Landplage. Klimatisch wird das Auftreten der „Frane"*) durch die feuchten Winter und trockenen Sommer, geologisch durch den in Italien häufigen Wechsel von Ton mit Kalk- oder Sandsteinlagern begünstigt oder herbeigeführt.

Es sind besonders die aus dem sogenannten Scherbenton zusammengesetzten Bergzüge, in denen infolge der Durchfeuchtung im Winter Schlammströme, infolge des Austrocknens, Abbröckelns, und der Spaltenbildung im Sommer steile Abstürze entstehen. Der Scherbenton ist ein toniges Gestein, das in trockenem Zustande aus kleinen Schuppen oder Scherben besteht, deren gekrümmte Oberfläche durch mechanische Verschiebung hervorgerufen und daher glänzend poliert ist.

Die Gleiterscheinungen des Scherbentons erinnern an das „Kriechen" des Gehängeschuttes in ähnlich zusammengesetzten Waldgebieten Mitteleuropas, an den Wiener Wald (nach Götzinger) oder die karpathische Sandsteinzone, bilden aber eine stark vergrößerte Ausbildung dieser geringfügigeren Bewegungen.

Äußerlich ähnelt der Schlammstrom einem Gletscher, wobei das Abrißgebiet der Firnmulde dem Ablagerungsgebiet der Gletscherzunge entspricht und wie diese von Spalten durchsetzt und mit Blöcken bepackt ist.

Der Tonreichtum des Gesteins ist so groß (Braun a. a. O., S. 30), daß sich bei Regen keine Erosionsrinnen bilden, sondern daß eine allgemeine Durchfeuchtung erfolgt. Tritt dann ein starker

*) G. Braun, Morphologie des nordwestlichen Apenin. Berliner Zeitschr. f. Erdkunde 1907, S. 31.

Regenguß hinzu, so reißt an einer Spalte die ganze Masse ab, rutscht und überschüttet den Talboden mit einem flach geneigten

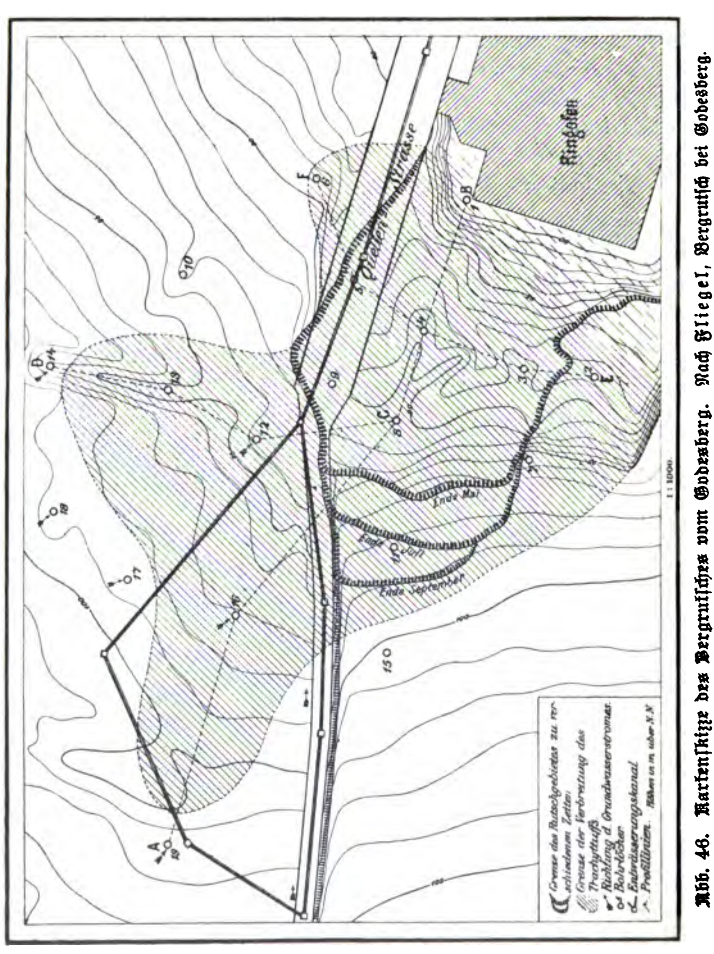


Abb. 46. Kartenskizze des Bergrutsches vom Godesberg. Nach Fliegel, Bergrutsch bei Godesberg.

Schuttkegel. Arbeitet dann im Tale die Erosion des Flusses weiter, so wird zunächst der Schuttkegel durchschnitten und dann die obere Abrißstelle erneut in Bewegung gesetzt.

Die Bedeutung der Eiszeit, welche eine Periode der Berg-

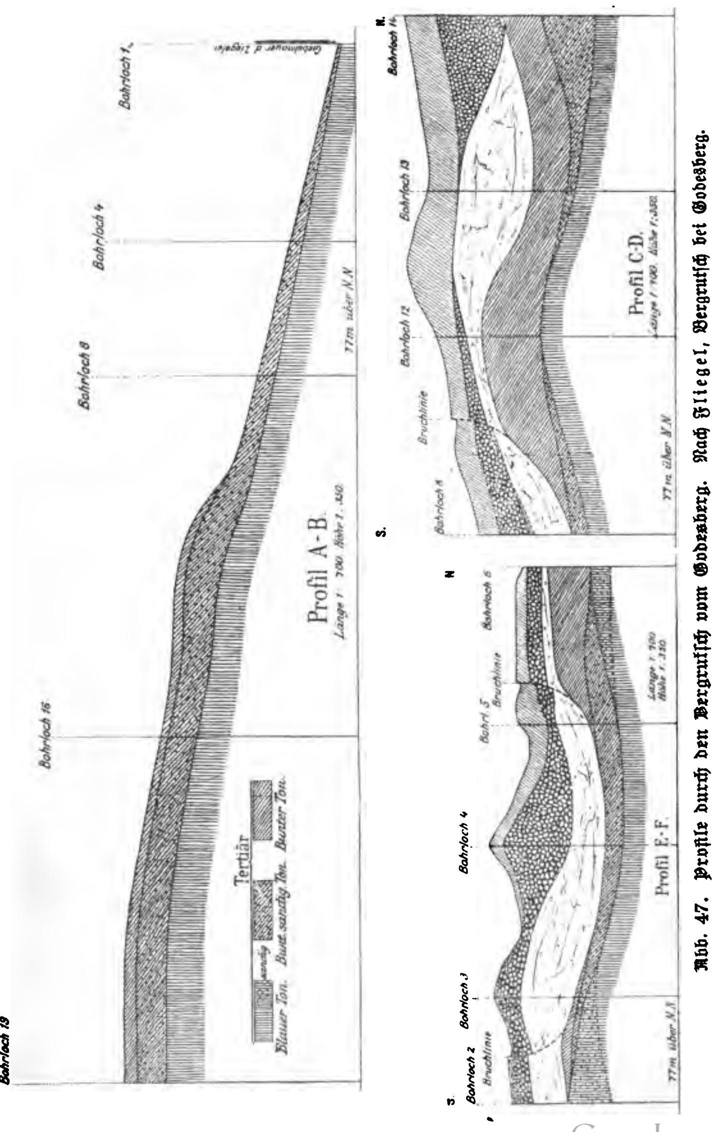


Abb. 47. Profile durch den Bergrutsch vom Godesberg. Nach Fliegel, Bergrutsch bei Godesberg.

stürze in den Alpen nach dem Abschmelzen der gewaltigen Eismassen entstehen ließ, rechtfertigt eine chronologische Betrachtungsweise. Wir unterscheiden daher:

1. Bergstürze der postglacialen Zeit (Nacheiszeit),
2. Bergstürze der Gegenwart.

Letztere werden hervorgerufen durch:

a) Erdbeben, Wolkenbrüche, Schneeschmelzen,
b) Steinbruchsbetrieb und Eisenbahnbau.

1. Bergstürze der Nacheiszeit.

Zu den größten Bergstürzen in den Alpen gehört der Bergsturz von Flims bei Chur, der das ganze obere Rheintal zu einem weiten See aufgestaut hat. Auf den Bergsturztrümmern finden sich nach A. Heim*) noch die Moränenreste von den Talgletschern eines nacheiszeitlichen Vorstoßes. Das Gelände, das der Flimser Bergsturz bedeckt, schildert der Altmeister der Schweizer Geologen in folgender Weise:

„Sein Schutt erstreckt sich als zusammenhängender, wohl 600 m hoher Berg von den Maiensässen ob Flims bis jenseits des Rheines hinter Versam und Bonaduz und von der Nähe von Ilanz bis Reichenau; auf seiner Oberfläche befinden sich, meistens in Tannen- und Lärchenwäldern gelegen, acht kleine Seen. Der Rhein und seine Zuflüsse haben sich in Gestalt wilder Schluchten in den gewaltigen, talabsperrenden Hügel eingesägt, während oberhalb Ilanz noch heute in Kiesterassen die Spuren eines alten Sees nachweisbar sind, der durch den Flimser Sturz gestaut wurde. — Der Flimser Bergsturz muß aus dem Gebiete der nach dem Segnespasse führenden Bergnische gekommen sein und die Wände des Flimser Steines entblößt haben."

Wahrscheinlich ungefähr gleichzeitig mit dem Flimser-Bergsturz erfolgte in Nordtirol eine Katastrophe, die den Ausgang des Ötztales in Nordtirol verschüttet hat. Der Inn bildet hier die Grenze der Kalkalpen im Norden und der aus Urgebirge bestehenden Zentralkette im Süden. Die weite Ausdehnung von Kalkschutt im Be-

---

*) Zwei Arbeiten von Albert Heim und M. Neumayr bilden die Grundlage unserer Kenntnis der Erscheinung. Vgl. A. Heim, der Bergsturz von Elm, Zürich 1881 und M. Neumayr, Über Bergstürze, Zeitschr. des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins 1889 S. 19.

reich der alten Schiefer des untersten Ötztales hat daher hier schon seit lange die Aufmerksamkeit erregt. Die verhältnismäßig große Ausdehnung der postglacialen Bergstürze erklärt sich durch die ungewöhnliche Steilheit des Talgehänges. Bergstürze nehmen, zwischen der Mündung der Ötztaler Ache und der Ortschaft Tumpen beinahe die Hälfte der Talfläche ein; das ausgedehnte, mit kümmerlichen Kiefern bewachsene Hügelland des Forchet am Ausfluß der Ache ist ein gewaltiger, fast ausschließlich aus Kalkblöcken bestehender Bergsturz, der von dem südlichen Abhange des Tschürgant stammt und nicht nur das Inntal, sondern auch die ganze Mündung des Ötztales ausfüllt. Da der Kalkschutt bei Sautens unmittelbar auf alten Moränen liegt, ist der Abbruch wahrscheinlich in die Zeit nach dem Abschmelzen der großen Gletscher zu verlegen. Das obere, etwas kleinere Bergsturzgebiet besteht aus den gewaltigen, waldbedeckten Gneißblöcken der Ärmelewand und hat einerseits den Piburger See am Südostende aufgestaut, andererseits die Flußenge des Gsteig oberhalb Ötz gebildet.

2. Bergstürze der Gegenwart.

Die Bergstürze, welche durch Wolkenbrüche oder Schneeschmelze verursacht werden, beruhen auf Gleiterscheinungen. Ein typischer Fall ist der Bergsturz von Goldau am Rigi. Von diesem Bergsturz sind die Anzeichen bekannt, welche der Katastrophe vorausgehen. Zunächst waren im Abrißgebiet Spalten bemerkbar. (Bleiben diese unverändert, so ist nichts zu befürchten, zeigen sie aber die Tendenz, sich zu erweitern, dann kann man mit Sicherheit das Eintreten einer Katastrophe voraussagen.) Die Spaltenbildung bei Goldau zeigte die Senkung und den bevorstehenden Abriß der abgleitenden Scholle des Roßberges an. Der Roßberg am Nordabhang des Rigi besteht aus Nagelfluh, einem groben Konglomerat, das von tonigen Schichten unterlagert wird. Nach regenreichen Wochen haben die in Spalten der Nagelfluh abwärts rinnenden Wasser die tonigen Lagen in eine schlammartige Masse umgewandelt, auf der die Nagelfluhfelsen talwärts abglitten. Die im Jahre 1806 erfolgte Katastrophe hat drei Dörfer, Goldau, Busingen und Unterrothen verschüttet und 455 Menschenleben vernichtet (A. Heim). Die 32 m mächtige abrutschende Masse besaß einen Inhalt von 15 Millionen Kubikmetern.

Während bei Goldau und an der Bocca di Brenta ein Abgleiten auf wenig geneigter Unterlage stattfand, ist der Bergsturz am Arlberg 1892 in steil aufgerichteten Schichten entstanden. Allerdings ist die 85° betragende Neigung der Schichten dem ebenfalls

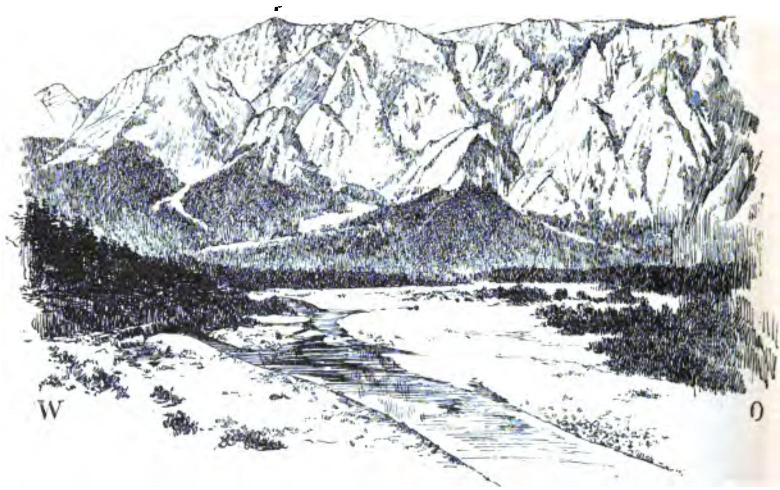


Abb. 48. Das Bergsturzgebiet des Dobratsch in Kärnten (die „Schütt") von Süden. Gezeichnet nach einer Photographie.

sehr steil (unter 50°) abstürzenden Gehänge parallel, und die weicheren Bildungen (Partnach-Schichten und Rauchwacke) setzen den unteren, härtere Massen den oberen Teil des Abhanges zusammen. (Abb. 50.)

Für Bergstürze ist das Gebiet der Gailtaler Alpen (in Kärnten) von besonderer Bedeutung. Das gewaltigste Ereignis, welches in historischer Zeit innerhalb der Alpen vorgekommen ist, hat den Südabhang des Dobratsch bei Villach betroffen. (Abb. 48.) Wie gleichzeitige Chroniken berichten, stürzte infolge eines Erdbebens der Südabhang des Berges in das Gailtal hinab, erfüllte die ganze Breite des Tales bis zum gegenüberliegenden Gehänge, verschüttete 17 Dörfer*) und staute die Gail zu einem See auf, der das ganze untere Tal bis Hermagor aufwärts erfüllte.

Der Abt Floriamundes soll von dem Kloster Arnoldstein aus, das tatsächlich verschont geblieben ist, den Sturz beobachtet haben.

*) Die Namen der verschütteten „Dörfer" sind: 1. St. Johann, 2. Forst oder Datzforst, 3. Roggau oder Rogga, 4. Obermaißbach, 5. Untermaißbach, 6. Mußach, 7. Prugg oder Prieg, 8. Soriach, 9. Weinzirkel, 10. Nohl oder Zohl, 11. Tetrich, 12. Kampnitz, 13. Ammoß, 14. Zettnitz, 15. Satzrä, 16. Dellach, 17. Podgöriach. Aus dem Umstand, daß nur neun Kirchen als verschüttet erwähnt werden, ergibt sich, daß unter den Dörfern auch Weiler und größere Gehöfte einbegriffen waren.



Abb. 49. Abbruchstelle des Bergsturzes des Dobratsch im Profil gesehen (d. h. senkrecht zu der Abb. 48). Nach einer Originalaufnahme des Verfassers.

Marians Austria sacra berichtet *): „Floriamundes war ein frommer ..... Prälat, der im Jahre 1348, den 25. Jänner, eben am Tage der Bekehrung St. Pauls, um die Vesperzeit und bei hell scheinender Sonne, gleich darauf aber bei mit finsterem Gewölk überzogenem Firmamente ein entsetzliches und (wie der Bericht behauptet) von den Zeiten des Leidens unseres Herrn noch nie gehörtes, weder bis dahin gefühltes Erdbeben auf des Klosters eigentümlichem Distrikte erleben, fühlen und endlich selbst schauen mußte. Denn der Berg Dobratsch an der Villacher Alpe, gerade von dem nur eine Stunde weit entfernten Kloster gegenüber und auf der mitternächtlichen Seite, zerbarstete plötzlich so gewaltig, daß er 17 Dörfer, 3 Schlösser und 9 Kirchen im Schutte begrub. Das Klostergebäude litt dabei nicht wenig, und man sah von dieser entsetzlichen Spaltung bei zwo Spannen hoch Staub selbst im Kloster liegen; in den Wäldern aber Bäume an Bäume gewaltig schlagen;

*) Nach Neumayr, Über Bergstürze, Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins 1889, S. 36.

die Glocken an den Türmen hörte man insgesamt von selbst ertönen und allerseits nichts als Jammer und Wehklagen. So war alles ertattert und gleichsam außer sich in Meinung, es wäre der jüngste Tag vor Augen. Was das Elend erst meist empfindlich und ganz unvergeßlich machte, war, daß weil der Absturz des Berges auch selbst den Gailfluß etliche Tage in seinem Lauf gehemmt, der gewaltige Ausbruch des so aufgetürmten Wassers alles noch Lebende überschwemmte und ertränkte, sonst aber unbeschreiblichen Verlust hinterließ. Auf dies in ganz Deutschland herum verwüstende Erdbeben kam die fast allgemeine Pest, in der so viele Menschen hingerafft wurden, daß kaum der dritte Teil mehr übrig geblieben."

Noch immer ist auf dem Südabhang die klaffende Wunde des Berges nicht verharscht (vgl. Abb. 49); noch immer rollen dort Steine herunter, wenngleich von irgendwelcher Gefahr für die Anwohner keine Rede mehr sein kann. Die Einwohner von Nötsch und Sack erzählen zwar, daß ein neuer Sturz sich vorbereite; doch bewies im Jahre 1890 eine Untersuchung des in Frage kommenden Gehänges, daß weder die Steilheit des Kalkes hier gefahrdrohend ist, noch irgendwelche in Bewegung befindlichen Klüfte den Berg durchsetzen.

Die mächtigen Trümmermassen, welche den Berg unmittelbar umsäumen, „die Schütt", haben durch spätere Überrieselungen mit kleinerem Geröll bereits das glatte Aussehen angenommen, welches derartige Schutthalden überall besitzen. Andererseits sind die Blöcke, welche das flache Tal der Gail bedecken, noch stellenweise in ursprünglicher Wildheit übereinander gehäuft. Das Felsenmeer bei Pökau führt seinen Namen mit vollem Recht. Doch hat bereits vielfach eine dünne, humusreiche Lehmdecke die Kalktrümmer überzogen. Dann ähnelt das Schuttfeld mit seinen zahlreichen Hügelchen und unregelmäßigen Vertiefungen vollkommen einer Moränenlandschaft. An wenigen Stellen hat sogar der Ackerbau auf den Kalktrümmern schon wieder begonnen. Die letzten Ausläufer der Trümmermassen sind ein kleiner Hügel bei Arnoldstein und ein etwas höherer bei dem Dorfe Gailitz.*) Die hervorstehende Form dieses Hügels ist auf Erosion, vielleicht auch auf menschliche Bearbeitung zurückzuführen. Denn auf beiden Höhen sind, wohl zum Andenken an das furchtbare Naturereignis, kirchliche Bauten aufgeführt.

*) Nachgrabungen in der Gegend der Gailitzer Bleihütte haben erwiesen, daß an dieser Stelle vor dem Sturz ein Messingwerk bestanden hat.

Über die Einzelheiten des Sturzes sind wir, wie das obige Zitat beweist, immerhin nur mangelhaft unterrichtet; doch läßt sich aus der gewaltigen, durch die Karte veranschaulichten Ausdehnung des Schuttes auf dem Talboden folgern, daß das überall beobachtete horizontale Hinfegen, das „Fließen" des Gesteins über die Ebene auch hier in großartigstem Maßstabe erfolgt ist. Die größte horizontale Entfernung, welche die Felstrümmer auf dem ebenen Talboden neben der Gailitzer Kirche zurückgelegt haben, beträgt fast drei Kilometer.

Interessante Folgerungen ergeben sich, sobald man den tieferliegenden geologischen Ursachen nachforscht, welche den Bergsturz bedingt haben. Wie die Übersicht der geologischen Leitlinien erkennen läßt, verläuft der Gailbruch nach mehrmaligem Umbiegen am Südabhang des Dobratsch etwa in der Linie des heutigen Gaillaufes. Vergleicht man nun meine tektonische Karte mit der Erdbebenkarte Kärntens, welche H. Höfer*) ausschließlich auf Grund historischer Nachrichten, ohne Zuhilfenahme geologischer Untersuchungen konstruiert hatte, so ergibt sich ein Zusammenfallen des tektonischen Bruches mit der Erdbebenlinie:

Die seismische Kraft, welche in grauer, geologischer Vergangenheit den Bau der Erdrinde umgestaltete und später die Entstehung des Tales bedingte, ist also bis in historische Zeit lebendig geblieben und hat bedeutungsvoll in die Entwicklung des Tales eingegriffen.

Im einzelnen könnte man die Ursachen des Sturzes etwa folgendermaßen rekonstruieren: Parallel zu der Hauptverwerfung, welche den Triaskalk von den die gegenüberliegenden Karnische Kette zusammensetzenden Schiefern schied, verlief eine Reihe kleinerer Klüfte in dem erstgenannten Gestein. Die Erosionskraft der Gail, welche den Fuß des Dobratsch unmittelbar bespülte, verhinderte die Anhäufung ausgedehnter Schutthalden, welche den steilen Wänden als teilweise Stütze hätten dienen können. Das Erdbeben, welches der Richtung des alten Gailbruches folgte, traf somit hier eine zerrüttete, von steilen Wänden begrenzte Kalkmasse an.

Die Reste einiger kleinerer Bergstürze, die an Bedeutung mit dem des Dobratsch nicht entfernt wetteifern können, finden sich im oberen Lessachtal.

---

*) Denkschriften d. kais. Akad. (Wien) math.-naturw. Kl. 42, Bd. II, Abt. S. 30.

Ausgedehnter ist der Bergsturz, der in den Tonschiefern des Hocheck (2474 m, südwestlich von Obertilliach) seinen Ursprung und den winzigen, noch jetzt bestehenden Schöntalsee — eigentlich nur eine Verbreiterung des Baches — aufgedämmt hat. Die graue Narbe am Ostabhang des Berges ist im ganzen oberen Lessachtal weithin sichtbar.

Daß durch Bergstürze Seen aufgedämmt werden, ist eine bekannte Tatsache. Zu den schönsten Beispielen gehören die beiden Obernberger Seen westlich vom Brennersattel; dieselben liegen mitten in den kolossalen Kalktrümmern eines vom Obernberger Tribulaun stammenden Sturzes.

Bergstürze wurden mehrfach mit Moränen verwechselt, denen sie in ihrer äußeren Erscheinung ähneln. So hat man die Slavini di San Marco bei Trient, die Dante zutreffend als einen Bergsturz gedeutet hatte, später zu Ablagerungen des Etschgletschers machen wollen, trotzdem die Bahn des Abgleitens noch jetzt deutlich sichtbar ist.

Allerdings erinnert nicht nur die unregelmäßig hügelige Oberfläche eines alten Bergsturzes, sondern auch die Beschaffenheit seines Schuttes an die Ablagerungen der Eiszeit.

Viele Blöcke aus dem Bergsturz des Arlberges (Abb. 50) sind (wie Toula bemerkt) kantengerundet und mit Ritzen und Furchen kreuz und quer bedeckt, erinnern also — abgesehen von dem Fehlen der Politur — durchaus an die Blockanhäufung einer Gletschermoräne. Jedoch stammen die Trümmer eines Bergsturzes stets aus einem einheitlichen Absturzgebiet und zeigen daher gleichartige Zusammensetzung, während die Moränen eines Gletschers die verschiedenartigsten Gesteine aus dem ganzen Ursprungsgebiet des Eisstromes enthalten.

Wie bereits erwähnt, sind von einer Reihe von Bergstürzen die Vorzeichen und der Verlauf bekannt. Aus dem Innern des Berges ertönt ein unheimliches Krachen und Donnern, begleitet von einem Knarren, entsprechend dem Aufreißen von Klüften im Gestein, die sich allmählich erweitern. Das wesentliche Merkmal ist das Entstehen einer oberflächlichen Spalte, wie sie A. Heim so anschaulich schildert. Das immer weiter vorschreitende Abrutschen der tieferliegenden Scholle kündigt das Herannahen der Katastrophe an.

Die meisten Bergstürze beruhen auf natürlichen Vorgängen. Doch ist auch wiederholt die ungeschickte Anlage von Steinbrüchen oder Eisenbahnen die Ursache von Katastrophen gewesen. Besonders

bekannt ist durch die Darstellung von Heim der Bergsturz von Elm im Kanton Glarus.

Durch den Dachschieferbruch am Abhange des Tschingelberges wurde hier ein ausgedehnter Teil des Gehänges unterwühlt und ein Bergsturz verursacht, der viele Menschenleben vernichtete und den fruchtbaren Talboden auf weite Strecken mit seinen Trümmern bedeckt hat.

Die Möglichkeit großer Abstürze ist ferner durch den Bau der Brennerbahn am Abhange des Padaunkofels — unmittelbar nördlich der Brennerhöhe — nahe gerückt. Der Schienenweg schneidet hier seitlich einen Komplex von Schichten an, deren Neigung auf den Talboden zu gerichtet ist. Infolgedessen ist durch den Bahnbau selbst die unterirdische

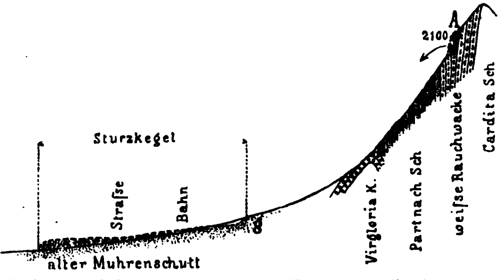


Abb. 50. Absturzstelle des Bergsturzes am Arlberg. Nach Toula, Der Bergsturz am Arlberge.

Wasserzirkulation gefördert worden; da nun das Gestein aus Quarz, Ton und Kalk, d. h. aus einem löslichen, einem plastischen und einem unlöslichen harten Mineral besteht, so ist der Bahnbau die Ursache zahlreicher kleiner Bergschlipfe und Gehängebrüche geworden, vor denen man bisher die Bahn nur mit Mühe durch kostspielige Schutzbauten und einem steten Überwachungsdienst geschützt hat. Dabei ist die Gefahr einer Katastrophe nach längerem Regen oder nach einer Schneeschmelze durchaus nicht unwahrscheinlich. Man darf mit Bestimmtheit behaupten, daß eine gründliche geologische Untersuchung des Geländes vor Anlage der Bahn eine durchaus abweichende Linienführung bedingt und der Südbahngesellschaft große Summen erspart haben würde.

Ergebnisse.

1. Unterirdische Auflösung lockerer Gesteinsschichten und das Herabgleiten der darüber befindlichen härteren Massen ist die Hauptursache der Bergstürze. Auch durch ungeschickte Anlage von Steinbrüchen und Eisenbahnen, seltener auch durch Erdbeben kann die Katastrophe herbeigeführt werden.

2. Die stürzenden Gesteinsmassen nehmen einen fließenden Charakter an und breiten sich ähnlich einer Lawine flach auf dem Talboden aus.

3. Eine „Periode der Bergstürze" entspricht — ähnlich wie die Zeit der Muren — in allen einst vergletscherten Hochgebirgen dem Rückzuge der Eismassen.

4. Für die Abtragung der Hochgebirge in der Gegenwart ist die Verwitterung und Geröllhaldenbildung jedoch wesentlicher als die Zerstörung durch Bergstürze.

Aus Natur und Geisteswelt.

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens.

Jeder Band ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Jeder Band geh. M. 1.—, in Leinwand geb. M. 1.25.

Übersicht nach Wissenschaften geordnet.

Allgemeines Bildungswesen. Erziehung und Unterricht.

Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwicklung. Von weil. Prof. Dr. Friedrich Paulsen. 2. Aufl. Von Prof. Dr. W. Münch. Mit einem Bildnis Paulsens. (Bd. 100.)

Der Leipziger Student von 1409—1909. Von Dr W. Bruchmüller. Mit 25 Abb. (Bd. 273.)

Geschichte des deutschen Schulwesens. Von Oberrealschuldirektor Dr. K. Knabe. (Bd. 85.)

Das deutsche Unterrichtswesen der Gegenwart. Von Oberrealschuldirektor Dr. K. Knabe. (Bd. 299.)

Allgemeine Pädagogik. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. 3. Aufl. (Bd. 33.)

Experimentelle Pädagogik mit besonderer Rücksicht auf die Erziehung durch die Tat. Von Dr. W. A. Lay. 2. Aufl. Mit 2 Abb. (Bd. 224.)

Psychologie des Kindes. Von Prof. Dr. R. Gaupp. 2. Aufl. Mit 18 Abb. (Bd. 213.)

Moderne Erziehung in Haus und Schule. Von J. Tews. 2. Aufl. (Bd. 159.)

Großstadtpädagogik. Von J. Tews. (Bd. 327.)

Schulkämpfe der Gegenwart. Von J. Tews. 2. Aufl. (Bd. 111.)

Die höhere Mädchenschule in Deutschland. Von Oberlehrerin M. Martin. (Bd. 65.)

Vom Hilfsschulwesen. Von Rektor Dr. B. Maennel. (Bd. 73.)

Das deutsche Fortbildungsschulwesen. Von Direktor Dr. Fr. Schilling. (Bd. 256.)

Die Knabenhandarbeit in der heutigen Erziehung. Von Seminar-Dir. Dr. A. Pabst. Mit 21 Abb. u. 1 Titelbild. (Bd. 140.)

Das moderne Volksbildungswesen. Bücher- und Lesehallen, Volkshochschulen und verwandte Bildungseinrichtungen in den wichtigsten Kulturländern in ihrer Entwicklung seit der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts. Von Stadtbibliothekar Dr. G. Fritz. Mit 14 Abb. (Bd. 266.)

Die amerikanische Universität. Von Ph. D. E. D. Perry. Mit 22 Abb. (Bd. 206.)

Technische Hochschulen in Nordamerika. Von Prof. S. Müller. Mit zahlr. Abb., Karte u. Lageplan. (Bd. 190.)

Volksschule und Lehrerbildung der Vereinigten Staaten. Von Dir. Dr. F. Kuypers. Mit 48 Abb. u. 1 Titelbild. (Bd. 150.)

Deutsches Ringen nach Kraft und Schönheit. Aus den literarischen Zeugnissen eines Jahrhunderts gesammelt. Von Turninspektor K. Möller. 2 Bde. Band II: In Vorb. (Bd. 188/189.)

Schulhygiene. Von Prof. Dr. L. Burgerstein. 2. Aufl. Mit 33 Fig. (Bd. 96.)

Jugend-Fürsorge. Von Waisenhaus-Direktor Dr. J. Petersen. 2 Bde. (Bd. 161. 162.)

Pestalozzi. Sein Leben und seine Ideen. Von Prof. Dr. P. Natorp. Mit 1 Bildnis u. 1 Brieffaksimile. (Bd. 250.)

Herbarts Lehren und Leben. Von Pastor O. Flügel. Mit 1 Bildnisse Herbarts. (Bd. 164.)

Friedrich Fröbel. Sein Leben und sein Wirken. Von A. von Portugall. Mit 5 Tafeln. (Bd. 82.)

Religionswissenschaft.

Leben und Lehre des Buddha. Von weil. Prof. Dr. R. Pischel. 2. Aufl. von Prof. Dr. H. Lüders. Mit 1 Tafel. (Bd. 109.)

Germanische Mythologie. Von Prof. Dr. J. v. Negelein. (Bd. 95.)

Mystik im Heidentum und Christentum. Von Dr. E. Lehmann. (Bd. 217.)

Palästina und seine Geschichte. Von Prof. Dr. H. Freiherr von Soden. 3. Aufl. Mit 2 Karten, 1 Plan u. 6 Ansichten. (Bd. 6.)

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Palästina und seine Kultur in fünf Jahrtausenden. Von Gymnasialoberlehrer Dr. P. Thomsen. Mit 36 Abb. (Bd. 260.)

Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte. Von Prof. Dr. Fr. Giesebrecht. 2. Aufl. (Bd. 52)

Die Gleichnisse Jesu. Zugleich Anleitung zu einem quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Lic. Prof. Dr. H. Weinel. 3. Aufl. (Bd. 46.)

Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu. Von Pfarrer D. P. Mehlhorn. 2. Aufl. (Bd. 137.)

Jesus und seine Zeitgenossen. Geschichtliches und Erbauliches. Von Pastor C. Bonhoff. (Bd. 89.)

Der Text des Neuen Testamentes nach seiner geschichtlichen Entwicklung. Von Div.-Pfarrer A. Pott. Mit 8 Tafeln. (Bd. 134.)

Der Apostel Paulus und sein Werk. Von Prof. Dr. E. Vischer. (Bd. 309.)

Christentum und Weltgeschichte. Von Prof. Dr. K. Sell. 2 Bde. (Bd. 297. 298.)

Aus der Werdezeit des Christentums. Studien und Charakteristiken. Von Prof. Dr. J. Geffcken. 2. Aufl. (Bd. 54.)

Luther im Lichte der neueren Forschung. Ein kritischer Bericht. Von Prof. Dr. H. Boehmer. 2. Aufl. Mit 2 Bildn. Luthers. (Bd. 113.)

Johann Calvin. Von Pfarrer Dr. G. Sodeur. Mit 1 Bildnis. (Bd. 247.)

Die Jesuiten. Eine historische Skizze. Von Prof. Dr. H. Boehmer. 2. Aufl. (Bd. 49.)

Die religiösen Strömungen der Gegenwart. Von Superintendent D. A. H. Braasch. 2. Auflage. (Bd. 66.)

Die Stellung der Religion im Geistesleben. Von Lic. Dr. P. Kalweit. (Bd. 225.)

Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden. Ein geschichtlicher Rückblick. Von Dr. A. Pfannkuche. 2. Aufl. (Bd. 141.)

Einführung in die Theologie: Pastor M. Cornils. (Bd. 347.)

Philosophie und Psychologie.

Einführung in die Philosophie. Von Prof. Dr. R. Richter. 2. Aufl. (Bd. 155.)

Die Philosophie. Einführung in die Wissenschaft, ihr Wesen und ihre Probleme. Von Realschuldirektor H. Richert. (Bd. 186.)

Aesthetik: Dr. R. Hamann. (Bd. 345.)

Führende Denker. Geschichtliche Einleitung in die Philosophie. Von Prof. Dr. J. Cohn. 2. Aufl. Mit 6 Bildn (Bd. 176.)

Griechische Weltanschauung. Von Privatdoz. Dr. M. Wundt. (Bd. 329.)

Die Weltanschauungen der großen Philosophen der Neuzeit. Von weil. Prof. Dr. L. Busse, 5. Aufl., herausgegeben von Prof. Dr. R. Falckenberg. (Bd. 56.)

Die Philosophie der Gegenwart in Deutschland. Eine Charakteristik ihrer Hauptrichtungen. Von Prof. Dr O. Külpe. 5. Aufl. (Bd. 41.)

Rousseau. Von Prof. Dr. P. Hensel. Mit 1 Bildn. (Bd. 180.)

Immanuel Kant. Darstellung und Würdigung. Von Prof. Dr. O. Külpe. 2. Aufl. Mit 1 Bildn. (Bd. 146.)

Schopenhauer. Seine Persönlichkeit, seine Lehre, seine Bedeutung. Von Realschuldirektor H. Richert. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis. (Bd. 81.)

Herbert Spencer. Von Dr. K. Schwarze. Mit 1 Bildn. (Bd. 245.)

Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Dr. J. Unold. 3. Aufl. (Bd. 12.)

Sittliche Lebensanschauungen der Gegenwart. Von weil. Prof. Dr. O. Kirn. 2. Aufl. (Bd. 177.)

Die Mechanik des Geisteslebens. Von Prof. Dr. M. Verworn. 2. Aufl. Mit 18 Fig. (Bd. 200.)

Die Seele des Menschen. Von Prof. Dr. J. Rehmke. 3. Aufl. (Bd. 36.)

Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. E. Trömner. (Bd. 199.)

Literatur und Sprache.

Die Sprachstämme des Erdkreises. Von weil. Prof. Dr. F. N. Finck. (Bd. 267.)

Die Haupttypen des menschlichen Sprachbaues. Von weil. Prof. Dr. F. N. Finck. (Bd. 268.)

Rhetorik. Richtlinien für die Kunst des Sprechens. Von Dr. E. Geißler. (Bd 310.)

Wie wir sprechen. Von Dr. E. Richter. (Bd. 354.)

Die deutschen Personennamen. Von Direktor A. Bähnisch. (Bd. 296.)

Das deutsche Volkslied. Über Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges. Von Dr. J. W. Bruinier. 4. Aufl. (Bd. 7.)

Die deutsche Volkssage. Von Dr. O. Böckel. (Bd. 262.)

Das Theater. Schauspielhaus und Schauspielkunst vom griech. Altertum bis auf die Gegenwart. Von Dr. Chr. Gaehde. Mit 20 Abb. (Bd. 230.)

Das Drama. Von Dr. B. Busse. Mit Abbildungen. 2 Bde. (Bd. 287/288.)

Bd. I: Von der Antike zum französischen Klassizismus. (Bd. 287.)

Bd. II: Von Versailles bis Weimar. (Bd. 288.)

Geschichte der deutschen Lyrik seit Claudius. Von Dr. H. Spiero. (Bd. 254.)

Schiller. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. Mit Bildnis Schillers. 2. Aufl. (Bd. 74.)

Das deutsche Drama des neunzehnten Jahrhunderts. In seiner Entwicklung dargestellt von Prof. Dr. G. Witkowski. 3. Aufl. Mit 1 Bildn. Hebbels. (Bd. 51.)

Deutsche Romantik. Von Prof. Dr. O. F. Walzel. (Bd. 232.)

Friedrich Hebbel. Von Dr. A. Schapire-Neurath. Mit 1 Bildn. Hebbels. (Bd. 238.)

Gerhart Hauptmann. Von Prof. Dr. E. Sulger-Gebing. Mit 1 Bildn. Gerhart Hauptmanns. (Bd. 283.)

Henrik Ibsen, Björnstjerne Björnson und ihre Zeitgenossen. Von weil. Prof. Dr. B. Kahle. Mit 7 Bildn. (Bd. 193.)

Shakespeare und seine Zeit. Von Prof. Dr. E. Sieper. Mit 3 Taf. u. 3 Textb. (Bd. 185.)

Bildende Kunst und Musik.

Bau und Leben der bildenden Kunst. Von Direktor Dr. Th. Volbehr. Mit 44 Abb. (Bd. 68.)

Die Ästhetik. Von Dr. R. Hamann. (Bd. 345.)

Die Entwicklungsgeschichte der Stile in der bildenden Kunst. Von Dr. E. Cohn-Wiener. 2 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 317/318.)

Band I: Vom Altertum bis zur Gotik. Mit 57 Abb. (Bd. 317.)

Band II: Von der Renaissance bis zur Gegenwart. Mit 31 Abb. (Bd. 318.)

Die Blütezeit der griechischen Kunst im Spiegel der Reliefsarkophage. Eine Einführung in die griechische Plastik. Von Dr. H. Wachtler. Mit 8 Taf. u. 32 Abb. (Bd. 272.)

Deutsche Baukunst im Mittelalter. Von Prof. Dr. A. Matthaei. 2. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 8.)

Deutsche Baukunst seit dem Mittelalter bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. A. Matthaei. Mit 62 Abb. u. 3 Taf. (Bd. 326.)

Die deutsche Illustration. Von Prof. Dr. R. Kautzsch. Mit 35 Abb. (Bd. 44.)

Deutsche Kunst im täglichen Leben bis zum Schlusse des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. B. Haendcke. Mit 63 Abb. (Bd. 198.)

Albrecht Dürer. Von Dr. R. Wustmann. Mit 33 Abb. (Bd. 97.)

Rembrandt. Von Prof. Dr. P. Schubring. Mit 50 Abb. (Bd. 158.)

Ostasiatische Kunst und ihr Einfluß auf Europa. Von Direktor Prof. Dr. R. Graul. Mit 49 Abb. (Bd. 87.)

Kunstpflege in Haus und Heimat. Von Superintendent Richard Bürkner. 2. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 77.)

Geschichte der Gartenkunst. Von Reg.-Baum. Chr. Ranck. Mit 41 Abb. (Bd. 274.)

Die Grundlagen der Tonkunst. Versuch einer genetischen Darstellung der allgemeinen Musiklehre. Von Prof. Dr. H. Rietsch. (Bd. 178.)

Einführung in das Wesen der Musik. Von Prof. C. R. Hennig. (Bd. 119.)

Klavier, Orgel, Harmonium. Das Wesen der Tasteninstrumente. Von Prof. Dr. O. Bie. (Bd. 325.)

Geschichte der Musik. Von Dr. Fr. Spiro. (Bd. 143.)

Haydn, Mozart, Beethoven. Von Prof. Dr. C. Krebs. Mit 4 Bildn. (Bd. 92.)

Die Blütezeit der musikalischen Romantik in Deutschland. Von Dr. E. Istel. Mit 1 Silhouette. (Bd. 239.)

Das Kunstwerk Richard Wagners. Von Dr. E. Istel. Mit 1 Bildnis R. Wagners. (Bd. 330.)

Das moderne Orchester in seiner Entwicklung. Von Prof. Dr. Fr. Volbach. Mit Partiturbeisp. u. 2 Instrumententab. (Bd. 308.)

Geschichte und Kulturgeschichte.

Das Altertum im Leben der Gegenwart. Von Prof. Dr. P. Cauer. (Bd. 356.)

Kulturbilder aus griechischen Städten. Von Oberlehrer Dr. E. Ziebarth. 2. Aufl. Mit 22 Abb. (Bd. 131.)

Pompeji, eine hellenistische Stadt in Italien. Von Prof. Dr. Fr. v. Duhn. 2. Aufl. Mit 62 Abb. (Bd. 114.)

Soziale Kämpfe im alten Rom. Von Privatdoz. Dr. L. Bloch. 2. Aufl. (Bd. 22.)

Byzantinische Charakterköpfe. Von Privatdoz. Dr. K. Dieterich. Mit 2 Bildn. (Bd. 244.)

Germanische Kultur in der Urzeit. Von Prof. Dr. G. Steinhausen. 2. Aufl. Mit 18 Abb. (Bd. 75.)

Mittelalterliche Kulturideale. Von Prof. Dr. V. Vedel. 2 Bde.
Bd. I: Heldenleben. (Bd. 292.)
Bd. II: Ritterromantik. (Bd. 293.)

Deutsches Frauenleben im Wandel der Jahrhunderte. Von Dir. Dr. E. Otto. 2. Aufl. Mit 27. Abb. (Bd. 45.)

Deutsche Städte und Bürger im Mittelalter. Von Prof. Dr. B. Heil. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. u. 1 Doppeltafel. (Bd. 43.)

Historische Städtebilder aus Holland und Niederdeutschland. Von Reg.-Baum. a. D. A. Erbe. Mit 59 Abb. (Bd. 117.)

Das deutsche Dorf. Von R. Mielke. Mit 51 Abb. (Bd. 192.)

Das deutsche Haus und sein Hausrat. Von Prof. Dr. R. Meringer. Mit 106 Abb. (Bd. 116.)

Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses. Von Reg.-Baum. Chr. Ranck. Mit 70 Abb. (Bd. 121.)

Geschichte des deutschen Bauernstandes. Von Prof. Dr. H. Gerdes. Mit 21 Abb. (Bd. 320.)

Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Dir. Dr. E. Otto. 3. Aufl. Mit 27 Abb. (Bd. 14.)

Deutsche Volksfeste und Volkssitten. Von H. S. Rehm. Mitt 11 Abb. (Bd. 214.)

Deutsche Volkstrachten. Von Pfarrer C. Spieß. (Bd. 342.)

Familienforschung. Von Dr. E. Devrient. (Bd. 350.)

Die Münze als hist. Denkmal sowie ihre Bedeutung im Rechts- und Wirtschaftsleben. Von Prof. Dr. A. Luschin v. Ebengreuth. Mit 53 Abb. (Bd. 91.)

Das Buchgewerbe und die Kultur. Sechs Vorträge, gehalten im Auftrage des Deutschen Buchgewerbevereins. Mit 1 Abb. (Bd. 182.)

Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. O. Weise. 3. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 4.)

Das Zeitungwesen. Von Dr. H. Diez. (Bd. 328.)

Das Zeitalter der Entdeckungen. Von Prof. Dr. S. Günther. 3. Aufl. Mit 1 Weltk. (Bd. 26.)

Von Luther zu Bismarck. 12 Charakterbilder aus deutscher Geschichte. Von Prof. Dr. O. Weber. (Bd. 123. 124.)

Friedrich der Große. Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. Mit 2 Bildn. (Bd. 246.)

Geschichte der Französischen Revolution. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. (Bd. 346.)

Napoleon I. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. 2. Aufl. Mit 1 Bildn. (Bd. 195.)

Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrh. Von Prof. Dr. K. Th. v. Heigel. 2. Aufl. (Bd. 129.)

Restauration und Revolution. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. R. Schwemer. 2. Aufl. (Bd. 37.)

Die Reaktion und die neue Ära. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der Gegenwart. Von Prof. Dr. R. Schwemer. (Bd. 101.)

Vom Bund zum Reich. Neue Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. R. Schwemer. (Bd. 102.)

1848. Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. O. Weber. 2. Aufl. (Bd. 53.)

Österreichs innere Geschichte von 1848 bis 1907. Von Richard Charmatz. 2 Bde. [I 2. Aufl.] Band I: Die Vorherrschaft der Deutschen. (Bd. 242). Band II: Der Kampf der Nationen. (Bd. 243.)

Englands Weltmacht in ihrer Entwicklung vom 17. Jahrhundert bis auf unsere Tage. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. Mit 19 Bildn. (Bd. 174.)

Geschichte der Vereinigten Staaten von Amerika. Von Prof. Dr. E. Daenell. (Bd. 147.)

Die Amerikaner. Von N. M. Butler. Deutsche Ausg. bes. von Prof. Dr. W. Paszkowski. (Bd. 319.)

Vom Kriegswesen im 19. Jahrhundert. Von Major O. v. Sothen. Mit 9 Übersichtsk. (Bd. 59.)

Der Krieg im Zeitalter des Verkehrs und der Technik. Von Hauptmann A. Meyer. Mit 3 Abb. (Bd. 271.)

Der Seekrieg. Eine geschichtliche Entwicklung vom Zeitalter der Entdeckungen bis zur Gegenwart. Von K. Freiherrn von Maltzahn, Vize-Admiral a. D. (Bd. 99.)

Die moderne Friedensbewegung. Von A. H. Fried. (Bd. 157.)

Die moderne Frauenbewegung. Ein geschichtlicher Überblick. Von Dr. K. Schirmacher. 2. Aufl. (Bd. 67.)

Rechts- und Staatswissenschaft. Volkswirtschaft.

Deutsches Fürstentum und dtsch. Verfassungsw. Von Prof. Dr. Ed. Hubrich. (Bd. 80.)

Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches. Von Prof. Dr. E. Loening. 3. Aufl. (Bd. 34.)

Moderne Rechtsprobleme. Von Prof. Dr. J. Kohler. (Bd. 128.)

Die Psychologie des Verbrechers. Von Dr. P. Pollitz. Mit 5 Diagrammen. (Bd. 248.)

Strafe und Verbrechen. Von Dr. P. Pollitz. (Bd. 323.)

Verbrechen und Aberglaube. Skizzen aus der volkskundlichen Kriminalistik. Von Kammergerichtsref. Dr. A. Hellwig. (Bd. 212.)

Das deutsche Zivilprozeßrecht. Von Rechtsanw. Dr. M. Strauß. (Bd. 315.)

Ehe und Eherecht. Von Prof. Dr. L. Wahrmund. (Bd. 115.)

Der gewerbliche Rechtsschutz in Deutschland. Von Patentanw. B. Tolksdorf. (Bd. 138.)

Die Miete nach dem B. G.-B. Ein Handbüchlein für Juristen, Mieter und Vermieter. Von Rechtsanw. Dr. M. Strauß. (Bd. 194.)

Das Wahlrecht. Von Reg.-Rat Dr. O. Poensgen. (Bd. 294.)

Die Jurisprudenz im häuslichen Leben. Für Familie und Haushalt dargestellt. Von Rechtsanw. P. Bienengräber. 2 Bde. (Bd. 219. 220.)

Finanzwissenschaft. Von Prof. Dr. S. P. Altmann. (Bd. 306.)

Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von G. Maier. 4. Aufl. (Bd. 2.)

Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrh. Von Privatdoz. Dr. Fr. Muckle. 2 Bände. (Bd. 269. 270.) Band I: Der rationale Sozialismus. (Bd. 269.) Band II: Proudhon und der entwicklungsgeschichtliche Sozialismus. (Bd 270).

Geschichte des Welthandels. Von Oberlehrer Dr. M. G. Schmidt. 2. Aufl. (Bd. 118.)

Geschichte d. deutschen Handels. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. (Bd. 237.)

Deutschlands Stellung in der Weltwirtschaft. Von Prof. Dr. P. Arndt. (Bd. 179.)

Deutsches Wirtschaftsleben. Auf geographischer Grundlage geschildert. Von weil. Prof. Dr. Chr. Gruber. 2. Aufl. Neubearb. von Dr. H. Reinlein. (Bd. 42.)

Die Ostmark. Eine Einführung in die Probleme ihrer Wirtschaftsgeschichte. Von Prof. Dr. W. Mitscherlich. (Bd. 351.)

Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im letzten Jahrh. Von Prof. Dr. L. Pohle. 2. Aufl. (Bd. 57.)

Das Hotelwesen. Von Paul Damm-Etienne. Mit 30 Abb. (Bd. 331.)

Die deutsche Landwirtschaft. Von Dr. W. Claaßen. Mit 15 Abb. u. 1 Karte. (Bd. 215.)

Innere Kolonisation. Von A. Brenning. (Bd. 261.)

Antike Wirtschaftsgeschichte. Von Dr. O. Neurath. (Bd. 258.)

Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben. Von Prof. J. L. Laughlin. Mit 9 graph. Darst. (Bd. 127.)

Die Japaner und ihre wirtsch. Entwicklung. Von Prof. Dr. K. Rathgen. 2. Aufl. (Bd. 72.)

Die Gartenstadtbewegung. Von Generalsekr. H. Kampffmeyer. Mit 43 Abb. (Bd. 259.)

Das internationale Leben der Gegenwart. Von A. H. Fried. Mit 1 Tafel. (Bd. 226.)

Bevölkerungslehre. Von Prof. Dr. M. Haushofer. (Bd. 50.)

Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung. Von Prof. Dr. O. v. Zwiedineck-Südenhorst. (Bd. 78.)

Das Recht der kaufmännisch Angestellten. Von Rechtsanwalt Dr. M. Strauß. (Bd. 361.)

Die Konsumgenossenschaft. Von Prof. Dr. F. Staudinger. (Bd. 222.)

Die Frauenarbeit. Ein Problem des Kapitalismus. Von Prof. Dr. R. Wilbrandt. (Bd. 106.)

Grundzüge des Versicherungswesens. Von Prof. Dr. A. Manes. 2. Aufl. (Bd. 105.)

Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900 (fortgeführt bis zur Gegenwart). Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft. Von Prof. Dr. W. Lotz. 3. Aufl. (Bd. 15.)

Das Postwesen, seine Entwicklung und Bedeutung. Von Postr. J. Bruns. (Bd. 165.)

Die Telegraphie in ihrer Entwicklung und Bedeutung. Von Postr. J. Bruns. Mit 4 Fig. (Bd. 183.)

Deutsche Schiffahrt und Schiffahrtspolitik der Gegenwart. Von Prof. Dr. K. Thieß. (Bd. 169.)

Erdkunde.

Mensch und Erde. Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von weil. Prof. Dr. A. Kirchhoff. 3. Aufl. (Bd. 31.)

Die Eiszeit und der vorgeschichtliche Mensch. Von Prof. Dr. G. Steinmann. Mit 24 Abb. (Bd. 302.)

Die Polarforschung. Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- und Südpol von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Von Prof. Dr. K. Hassert. 2. Aufl. Mit 6 Karten. (Bd. 38.)

Die Städte. Geographisch betrachtet. Von Prof. Dr. K. Hassert. Mit 21 Abb. (Bd. 163.)

Wirtschaftl. Erdkunde. Von weil. Prof. Dr. Chr. Gruber. 2. Aufl. Bearbeitet von Prof. Dr. K. Dove. (Bd. 122.)

Politische Geographie. Von Dr. E. Schöne. (Bd. 353.)

Die deutschen Volksstämme und Landschaften. Von Prof. Dr. O. Weise. 4. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 16.)

Ostseegebiet. Von Privatdozent Dr. G. Braun. (Bd. 367.)

Die Alpen. Von H. Reishauer. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 276.)

Die deutschen Kolonien. (Land und Leute.) Von Dr. A. Heilborn. 2. Aufl. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 98.)

Unsere Schutzgebiete nach ihren wirtschaftlichen Verhältnissen. Im Lichte der Erdkunde dargestellt. Von Dr. Chr. G. Barth. (Bd. 290.)

Australien und Neuseeland. Land, Leute und Wirtschaft. Von Prof. Dr. R. Schachner. (Bd. 366.)

Der Orient. Eine Länderkunde. Von E. Banse. 3 Bde. Mit zahlr. Abb. u. Karten. (Bd. 277. 278. 279.) Band I: Die Atlasländer. Marokko, Algerien, Tunesien. Mit 15 Abb., 10 Kartenskizzen, 3 Diagr. u. 1 Tafel. (Bd. 277.) Band II: Der arabische Orient. Mit 29 Abb. u. 7 Diagr. (Bd. 278.) Band III: Der arische Orient. Mit 34 Abb., 3 Kartenskizzen u. 2 Diagr. (Bd. 279.)

Anthropologie. Heilwissenschaft und Gesundheitslehre.

Der Mensch der Urzeit. Vier Vorlesungen aus der Entwicklungsgeschichte des Menschengeschlechts. Von Dr. A. Heilborn. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 62.)

Die moderne Heilwissenschaft. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. E. Biernacki. Deutsch von Dr. S. Ebel. (Bd. 25.)

Der Arzt. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenwart. Ein Leitfaden der sozialen Medizin. Von Dr. med. M. Fürst. (Bd. 265.)

Der Aberglaube in der Medizin und seine Gefahr für Gesundheit und Leben. Von Prof. Dr. D. von Hansemann. (Bd. 83.)

Arzneimittel und Genußmittel. Von Prof. Dr. O. Schmiedeberg. (Bd. 363.)

Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers. Von Prof. Dr H. Sachs. 3. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 32.)

Die Anatomie des Menschen. Von Prof. Dr. K. v. Bardeleben. 5 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 201. 202. 203. 204. 263.) I. Teil: Allg. Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Mit 69 Abb. (Bd. 201.) II. Teil: Das Skelett. Mit 53 Abb. (Bd. 202.) III. Teil: Das Muskel- und Gefäßsystem. Mit 68 Abb. (Bd. 203.) IV. Teil: Die Eingeweide (Darm, Atmungs-, Harn- u. Geschlechtsorgane). Mit 38 Abb. (Bd. 204.) V. Teil: Statik und Mechanik des menschlichen Körpers. Mit 20 Abb. (Bd. 263.)

Moderne Chirurgie. Von Prof. Dr. Feßler. Mit Abb. (Bd. 339.)

Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre. Von weil. Prof. Dr. H. Buchner. 3. Aufl., besorgt von Prof. Dr. M. v. Gruber. Mit 26 Abb. (Bd. 1.)

Herz, Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen. Von Prof. Dr. H. Rosin. Mit 18 Abb. (Bd. 312.)

Das menschliche Gebiß, seine Erkrankung und Pflege. Von Zahnarzt Fr. Jäger. Mit 24 Abb. (Bd. 229.)

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Körperliche Verbildungen im Kindesalter und ihre Verhütung. Von Dr. M. David. Mit 26 Abb. (Bd. 321.)

Vom Nervensystem, seinem Bau und seiner Bedeutung für Leib und Seele in gesundem und krankem Zustande. Von Prof. Dr. R. Zander. 2. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 48.)

Die fünf Sinne des Menschen. Von Prof. Dr. J. K. Kreibig. 2. Aufl. Mit 30 Abb. (Bd. 27.)

Das Auge des Menschen und seine Gesundheitspflege. Von Prof. Dr. med. G. Abelsdorff. Mit 15 Abb. (Bd 149.)

Die menschliche Stimme und ihre Hygiene. Von Prof. Dr. P. H. Gerber. 2. Aufl. Mit 20 Abb. (Bd. 136.)

Die Geschlechtskrankheiten, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Bekämpfung und Verhütung. Von Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. Mit 4 Abb. und 1 Tafel. 2. Aufl. (Bd. 251.)

Die Tuberkulose, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Ursache, Verhütung und Heilung. Von Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. 2. Aufl. Mit 1 Tafel und 8 Figuren. (Bd. 47.)

Die krankheiterregenden Bakterien. Von Privatdoz. Dr. M. Loehlein. Mit 33 Abb. (Bd. 307.)

Geisteskrankheiten. Von Anstaltsoberarzt Dr. G. Ilberg. (Bd. 151.)

Krankenpflege. Von Chefarzt Dr. B. Leick. (Bd. 152.)

Gesundheitslehre für Frauen. Von weil. Privatdoz. Dr. R. Sticher. Mit 13 Abb. (Bd. 171.)

Der Säugling, seine Ernährung und seine Pflege. Von Dr. W. Kaupe. Mit 17 Abb. (Bd. 154.)

Der Alkoholismus. Von Dr. G. B. Gruber. Mit 7 Abb. (Bd. 103.)

Ernährung und Volksnahrungsmittel. Von weil. Prof. Dr. J. Frentzel. 2. Aufl. Neu bearb. von Geh. Rat Prof. Dr. N. Zuntz. Mit 7 Abb. u. 2 Tafeln. (Bd. 19.)

Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. R. Zander. 3. Aufl. Mit 19 Abb. (Bd. 13.)

Naturwissenschaften. Mathematik.

Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Von Prof. Dr. F. Auerbach. 3. Aufl. Mit 79 Fig. (Bd. 40.)

Die Lehre von der Energie. Von Dr. A. Stein. Mit 13 Fig. (Bd. 257.)

Moleküle — Atome — Weltäther. Von Prof. Dr. G. Mie. 3. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 58.)

Die großen Physiker und ihre Leistungen. Von Prof. Dr. F. A. Schulze. Mit 7 Abb. (Bd. 324.)

Werdegang der modernen Physik. Von Dr. H. Keller. (Bd. 343.)

Das Licht und die Farben. Von Prof. Dr. L. Graetz. 3. Aufl. Mit 117 Abb. (Bd. 17.)

Sichtbare und unsichtbare Strahlen. Von Prof. Dr. R. Börnstein u. Prof. Dr. W. Marckwald. 2. Aufl. Mit 85 Abb. (Bd. 64.)

Die optischen Instrumente. Von Dr. M. v. Rohr. 2. Aufl. Mit 84 Abb. (Bd. 88.)

Spektroskopie. Von Dr. L. Grebe. Mit 62 Abb. (Bd. 284.)

Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung. Von Dr. W. Scheffer. Mit 66 Abb. (Bd. 35.)

Das Stereoskop und seine Anwendungen. Von Prof. Th. Hartwig. Mit 40 Abb. u. 19 Taf. (Bd. 135.)

Die Lehre von der Wärme. Von Prof. Dr. R. Börnstein. Mit 33 Abb. (Bd. 172.)

Die Kälte, ihr Wesen, ihre Erzeugung und Verwertung. Von Dr. H. Alt. Mit 45 Abb. (Bd. 311.)

Luft, Wasser, Licht und Wärme. Neun Vorträge aus dem Gebiete der Experimental-Chemie. Von Prof. Dr. R. Blochmann. 3. Aufl. Mit 115 Abb. (Bd. 5.)

Das Wasser. Von Privatdoz. Dr. O. Anselmino. Mit 44 Abb. (Bd. 291.)

Natürliche und künstliche Pflanzen- und Tierstoffe. Von Dr. B. Bavink. Mit 7 Fig. (Bd. 187.)

Die Erscheinungen des Lebens. Von Prof. Dr. H. Miehe. Mit 40 Fig. (Bd. 130.)

Abstammungslehre und Darwinismus. Von Prof. Dr. R. Hesse. 3. Aufl. Mit 37 Fig. (Fig. 39.)

Experimentelle Biologie. Von Dr. C. Thesing. Mit Abb. 2 Bde. Band I: Experimentelle Zellforschung. (Bd. 336.) Band II: Regeneration, Selbstverstümmelung und Transplantation. (Bd. 337.)

Einführung in die Biochemie. Von Prof. Dr. W. Löb. (Bd. 352.)

Der Befruchtungsvorgang, sein Wesen und seine Bedeutung. Von Dr. E. Teichmann. Mit 7 Abb. u. 4 Doppeltaf. (Bd. 70.)

Das Werden und Vergehen der Pflanzen. Von Prof. Dr. P. Gisevius. Mit 24 Abb. (Bd. 173.)

Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen. Von Prof. Dr. E. Küster. Mit 38 Abb. (Bd. 112.)

Unsere wichtigsten Kulturpflanzen (die Getreidegräser). Von Prof. Dr. K. Giesenhagen. 2. Aufl. Mit 38 Fig. (Bd. 10.)

Die fleischfressenden Pflanzen. Von Dr. A. Wagner. Mit Abb. (Bd. 344.)

Der deutsche Wald. Von Prof. Dr. H. Hausrath. Mit 15 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 153.)

Die Pilze. Von Dr. A. Eichinger. Mit 54 Abb. (Bd. 334.)

Weinbau und Weinbereitung. Von Dr. F. Schmitthenner. (Bd. 332.)

Der Obstbau. Von Dr. E. Voges. Mit 13 Abb. (Bd. 107.)

Unsere Blumen und Pflanzen im Zimmer. Von Prof. Dr. U. Dammer. (Bd. 359.)

Unsere Blumen und Pflanzen im Garten. Von Prof. Dr. U. Dammer. (Bd. 360.)

Kolonialbotanik. Von Prof. Dr. F. Tobler. Mit 21 Abb. (Bd. 184.)

Kaffee, Tee, Kakao und die übrigen narkotischen Getränke. Von Prof. Dr. A. Wieler. Mit 24 Abb. u. 1 Karte. (Bd. 132.)

Die Milch und ihre Produkte. Von Dr. A. Reitz (Bd. 362.)

Die Pflanzenwelt des Mikroskops. Von Bürgerschullehrer E. Reukauf. Mit 100 Abb. (Bd. 181.)

Die Tierwelt des Mikroskops (die Urtiere). Von Prof. Dr. R. Goldschmidt. Mit 39 Abb. (Bd. 160.)

Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt. Von Prof. Dr. K. Kraepelin. (Bd. 79.)

Der Kampf zwischen Mensch und Tier. Von Prof. Dr. K. Eckstein. 2. Aufl. Mit 51 Fig. (Bd. 18.)

Tierkunde. Eine Einführung in die Zoologie. Von weil. Privatdoz. Dr. K. Hennings. Mit 34 Abb. (Bd. 142.)

Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere. Von Prof. Dr. W. Lubosch. Mit 107 Abb. (Bd. 282.)

Die Stammesgeschichte unserer Haustiere. Von Prof. Dr. C. Keller. Mit 28 Fig. (Bd. 252.)

Die Fortpflanzung der Tiere. Von Prof. Dr. R. Goldschmidt. Mit 77 Abb. (Bd. 253.)

Deutsches Vogelleben. Von Prof. Dr. A. Voigt. (Bd. 221.)

Vogelzug und Vogelschutz. Von Dr. W. R. Eckardt. Mit 6 Abb. (Bd. 218.)

Korallen und andere gesteinbildende Tiere. Von Prof. Dr. W. May. Mit 45 Abb. (Bd. 231.)

Lebensbedingungen und Verbreitung der Tiere. Von Prof. Dr. O. Maas. Mit 11 Karten u. Abb. (Bd. 139.)

Die Bakterien. Von Prof. Dr. E. Gutzeit. Mit 13 Abb. (Bd. 233.)

Die Welt der Organismen. In Entwicklung und Zusammenhang dargestellt. Von Prof. Dr. K. Lampert. Mit 52 Abb. (Bd. 236.)

Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt (Dimorphismus). Von Dr. Fr. Knauer. Mit 37 Fig. (Bd. 148.)

Die Ameisen. Von Dr. Fr. Knauer. Mit 61 Fig. (Bd. 94.)

Das Süßwasser-Plankton. Von Prof. Dr. O. Zacharias. 2. Aufl. Mit 49 Abb. (Bd. 156.)

Meeresforschung und Meeresleben. Von Dr. O. Janson. 2. Aufl. Mit 41 Fig. (Bd. 30.)

Das Aquarium. Von E. W. Schmidt. Mit 15 Fig. (Bd. 335.)

Wind und Wetter. Von Prof. Dr. L. Weber. 2. Aufl. Mit 28 Fig. u. 3 Tafeln. (Bd. 55.)

Gut und schlecht Wetter. Von Dr. R. Hennig. (Bd. 349.)

Der Kalender. Von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. (Bd. 69.)

Der Bau des Weltalls. Von Prof. Dr. J. Scheiner. 3. Aufl. Mit 26 Fig. (Bd. 24.)

Entstehung der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft. Von Prof. Dr. B. Weinstein. (Bd. 223.)

Aus der Vorzeit der Erde. Von Prof. Dr. Fr. Frech. In 6 Bdn. 2. Aufl. Mit zahlr. Abbildungen. (Bd. 207—211, 61.) Band I: Vulkane einst und jetzt. Mit 80 Abb. (Bd. 207.) Band II: Gebirgsbau und Erdbeben. Mit 57 Abb. (Bd. 208.) Band III: Die Arbeit des fließenden Wassers. Mit 51 Abb. (Bd. 209.) Band IV: Die Arbeit des Ozeans und die chemische Tätigkeit des Wassers im allgemeinen. Mit 1 Titelbild und 51 Abb. (Bd. 210.) Band V: Kohlenbildung und Klima der Vorzeit. (Bd. 211.) Band VI: Gletscher und Hochgebirge. 2. Aufl. (Bd. 61.)

Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. Von Prof. Dr. S. Oppenheim. Mit 24 Abb. (Bd. 110.)

Probleme der modernen Astronomie. Von Prof. Dr. S. Oppenheim. (Bd. 355.)

Die Sonne. Von Dr. A. Krause. Mit zahlreichen Abb. (Bd. 357.)

Der Mond. Von Prof. Dr. J. Franz. Mit 31 Abb. (Bd. 90.)

Die Planeten. Von Prof. Dr. B. Peter. Mit 18 Fig. (Bd. 240.)

Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. P. Crantz. In 2 Bdn. Mit zahlr. Fig. (Bd. 120. 205.) I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. 2. Aufl. Mit 9 Fig. (Bd. 120.) II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- und Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. 2. Aufl. Mit 21 Fig. (Bd. 205.)

Praktische Mathematik. Von Dr. R. Neuendorff. Mit 69 Fig. (Bd. 341.)

Planimetrie zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. P. Crantz. Mit 99 Fig. (Bd. 340.)

Einführung in die Infinitesimalrechnung mit einer historischen Übersicht. Von Prof. Dr. G. Kowalewski. Mit 18 Fig. (Bd. 197.)

Mathematische Spiele. Von Dr. W. Ahrens. 2. Aufl. Mit 70 Fig. (Bd. 170.)

Das Schachspiel und seine strategischen Prinzipien. Von Dr. M. Lange. Mit den Bildnissen E. Laskers und P. Morphys, 1 Schachbrettafel und 43 Darst. von Übungsspielen. (Bd. 281.)

Angewandte Naturwissenschaft. Technik.

Am sausenden Webstuhl der Zeit. Von Prof. Dr. W. Launhardt. 3. Aufl.) Mit 16 Abb. (Bd. 23.)

Bilder aus der Ingenieurtechnik. Von Baurat K. Merckel. Mit 43 Abb. (Bd. 60.)

Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit. Von Baurat K. Merckel. 2. Aufl. Mit 55 Abb. (Bd. 28.)

Die Handfeuerwaffen. Ihre Entwicklung und Technik. Von Hauptmann R. Weiß. (Bd. 364.)

Der Eisenbetonbau. Von Dipl.-Ing. E. Haimovici. Mit 81 Abb. (Bd. 275.)

Das Eisenhüttenwesen. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. H. Wedding. 3. Aufl. Mit 15 Fig. (Bd. 20.)

Die Metalle. Von Prof. Dr. K. Scheid. 2. Aufl. Mit 16 Abb. (Bd. 29.)

Mechanik. Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. 3 Bde. (Bd. 303/305.) Band I: Die Mechanik der festen Körper. Mit 61 Abb. (Bd. 303.) Band II: Die Mechanik der flüssigen Körper. (In Vorb.) (Bd. 304.) Band III: Die Mechanik der gasförmigen Körper. (In Vorb.) (Bd. 305.)

Maschinenelemente. Von Prof. R. Vater. Mit 184 Abb. (Bd. 301.)

Hebezeuge. Das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper. Von Prof. R. Vater. Mit 67 Abb. (Bd. 196.)

Dampf und Dampfmaschine. Von Prof. R. Vater. 2. Aufl. Mit 45 Abb. (Bd. 63.)

Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen (Gasmaschinen). Von Prof. R. Vater. 3. Aufl. Mit 33 Abb. (Bd. 21.)

Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen. Von Prof. R. Vater. 2. Aufl. Mit 48 Abb. (Bd. 86.)

Die Wasserkraftmaschinen und die Ausnützung der Wasserkräfte. Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. Mit 73 Fig. (Bd. 228.)

Landwirtsch. Maschinenkunde. Von Prof. Dr. G. Fischer. Mit 62 Abb. (Bd. 316.)

Die Spinnerei. Von Dir. Prof. M. Lehmann. Mit Abb. (Bd. 338.)

Die Eisenbahnen, ihre Entstehung und gegenwärtige Verbreitung. Von Prof. Dr. Fr. Hahn. Mit zahlr. Abb. (Bd. 71.)

Die technische Entwicklung der Eisenbahnen der Gegenwart. Von Eisenbahnbau- u. Betriebsinsp. E. Biedermann. Mit 50 Abb. (Bd. 144.)

Die Klein- und Straßenbahnen. Von Oberingenieur a. D. A. Liebmann. Mit 85 Abb. (Bd. 322.)

Das Automobil. Eine Einführung in Bau und Betrieb des modernen Kraftwagens. Von Ing. K. Blau. 2. Aufl. Mit 83 Abb. (Bd. 166.)

Grundlagen der Elektrotechnik. Von Dr. R. Blochmann. Mit 128 Abb. (Bd. 168.)

Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung. Von Telegrapheninspektor H. Brick. Mit 58 Abb. (Bd. 235.)

Drähte und Kabel, ihre Anfertigung und Anwendung in der Elektrotechnik. Von Telegrapheninspektor H. Brick. Mit 43 Abb. (Bd. 285.)

Die Funkentelegraphie. Von Oberpostpraktikant H. Thurn. Mit 53 Illustr. (Bd. 167.)

Nautik. Von Dir. Dr. J. Möller. Mit 58 Fig. (Bd. 255.)

Die Luftschiffahrt, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung. Von Dr. R. Nimführ. 2. Aufl. Mit 42 Abb. (Bd. 300.)

Die Beleuchtungsarten der Gegenwart. Von Dr. W. Brüsch. Mit 155 Abb. (Bd. 108.)

Heizung und Lüftung. Von Ingenieur J. E. Mayer. Mit 40 Abb. (Bd. 241.)

Industrielle Feuerungsanlagen und Dampfkessel. Von Ingenieur J. E. Mayer. (Bd. 348.)

Die Uhr. Von Reg.-Bauführer a. D. H. Bock. Mit 47 Abb. (Bd. 216.)

Wie ein Buch entsteht. Von Prof. A. W. Unger. 2. Aufl. Mit 7 Taf. u. 26 Abb. (Bd. 175.)

Einführung in die chemische Wissenschaft. Von Prof. Dr. W. Löb. Mit 16 Fig. (Bd. 264.)

Bilder aus der chemischen Technik. Von Dr. A. Müller. Mit 24 Abb. (Bd. 191.)

Der Luftstickstoff und seine Verwertung. Von Prof. Dr. K. Kaiser. Mit 13 Abb. (Bd. 313.)

Agrikulturchemie. Von Dr. P. Krische. Mit 21 Abb. (Bd. 314.)

Die Bierbrauerei. Von Dr. A. Bau. Mit 47 Abb. (Bd. 333.)

Chemie und Technologie der Sprengstoffe. Von Prof. Dr. R. Biedermann. Mit 15 Fig. (Bd. 286.)

Photochemie. Von Prof. Dr. G. Kümmell. Mit 23 Abb. (Bd. 227.)

Die Kinematographie. Von Dr. H. Lehmann. (Bd. 358.)

Elektrochemie. Von Prof. Dr. K. Arndt. Mit 38 Abb. (Bd. 234.)

Die Naturwissenschaften im Haushalt. Von Dr. J. Bongardt. 2 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 125. 126.)
I. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie? Mit 31 Abb. (Bd. 125.) II. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung? Mit 17 Abb. (Bd. 126.)

Chemie in Küche und Haus. Von weil. Prof. Dr. G. Abel. 2. Aufl. von Dr. J. Klein. Mit 1 Doppeltafel. (Bd. 76.)

Die Kultur der Gegenwart

ihre Entwicklung und ihre Ziele

Herausgegeben von Professor **Paul Hinneberg**

Von Teil I und II sind erschienen:

Teil I, Abt. 1: **Die allgemeinen Grundlagen der Kultur der Gegenwart.** Bearb. von W. Lexis, Fr. Paulsen, G. Schöppa, G. Kerschensteiner, A. Matthias, H. Gaudig, W. v. Dyck, E. Pallat, K. Kraepelin, J. Lessing, O. N. Witt, P. Schlenther, G. Göhler, K. Bücher, R. Pietschmann, F. Milkau, H. Diels. (XV u. 671 S.) Lex. 8. 1906. [2. Aufl. u. d. Pr.] Geh. M. 16.—, in Leinw. geb. M. 18.—

„Die berufensten Fachleute reden über ihr Spezialgebiet in künstlerisch so hochstehender, dabei dem Denkenden so leicht zugehender Sprache, zudem mit einer solchen Konzentration der Gedanken, daß Seite für Seite nicht nur hohen künstlerischen Genuß verschafft, sondern einen Einblick in die Einzelgebiete verstattet, der an Intensität kaum von einem anderen Werke übertroffen werden könnte.“ **(Nationalzeitung, Basel.)**

Teil I, Abt. 3, 1: **Die orientalischen Religionen.** Bearb. von: E. Lehmann. A. Erman, C. Bezold, H. Oldenberg, J. Goldziher, A. Grünwedel, J. J. M. de Groot, K. Florenz, H. Haas. (VII u. 267 S.) Lex.-8. 1906. Geh. M. 7.—, in Leinwand geb. M. 9.—.

„Auch dieser Band des gelehrten Werkes ist zu inhaltvoll und zu vielseitig, um auf kurzem Raum gewürdigt werden zu können. Auch er kommt den Interessen des bildungsbedürftigen Publikums und der Gelehrtenwelt in gleichem Maße entgegen. ... Die Zahl und der Klang der Namen aller beteiligten Autoren bürgt dafür, daß ein jeder nur vom Besten das Beste zu geben bemüht war.“ **(Berliner Tageblatt.)**

Teil I, Abt. 4, I: **Geschichte der christlichen Religion.** Mit Einleitung: Die israelitisch-jüdische Religion. Bearbeitet von: J. Wellhausen, A. Jülicher, A. Harnack, N. Bonwetsch, K. Müller, A. Ehrhard, E. Troeltsch. 2., stark vermehrte und verbesserte Auflage. (X u. 792 S.) Lex.-8. 1909. Geh. M. 18.—, in Leinwand geb. M. 20.—

Die Kultur der Gegenwart

Teil I, Abt. 4, II: Systematische christliche Religion. Bearbeitet von E. Troeltsch, J. Pohle, J. Mausbach, C. Krieg, W. Herrmann, R. Seeberg, W. Faber, H. J. Holtzmann. 2., verb. Auflage. (VIII u. 279 S.) Lex.-8. 1909. Geh. M. 6.60, in Leinwand geb. M. 8.—

„... Die Arbeiten des ersten Teiles sind sämtlich, dafür bürgt schon der Name der Verfasser, ersten Ranges. Am meisten Aufsehen zu machen verspricht Troeltsch, Aufriß der Geschichte des Protestantismus und seiner Bedeutung für die moderne Kultur. ... Alles in allem, der vorliegende Band legt Zeugnis ab dafür, welche bedeutende Rolle für die Kultur der Gegenwart Christentum und Religion spielen." (Zeitschr. f. Kirchengeschichte.)

Teil I, Abt. 5: Allgemeine Geschichte der Philosophie. Bearbeitet v.: W. Wundt, H. Oldenberg, J. Goldziher, W. Grube, T. Jnouye, H. v. Arnim, Cl. Baeumker, W. Windelband. (VIII u. 572 S.) Lex.-8. 1909. Geh. M. 12.—, in Leinw. geb. M. 14.—.

„... Man wird nicht leicht ein Buch finden, das, wie die ‚Allgemeine Geschichte der Philosophie' von einem gleich hohen überblickenden und umfassenden Standpunkt aus, mit gleicher Klarheit und Tiefe und dabei in fesselnder Darstellung eine Geschichte der Philosophie von ihren Anfängen bei den primitiven Völkern bis in die Gegenwart und damit eine Geschichte des geistigen Lebens überhaupt gibt." (Zeitschrift f. lateinl. höh. Schulen.)

Teil I, Abt. 6: Systematische Philosophie. Bearbeitet von: W. Dilthey, A. Riehl, W. Wundt, W. Ostwald, H. Ebbinghaus, R. Eucken, Fr. Paulsen, W. Münch, Th. Lipps. 2. Aufl. (X u. 435 S.) Lex. 8. 1908. Geh. M. 10.—, in Leinwand geb. M. 12.—

„Hinter dem Rücken jedes der philosophischen Forscher steht Kant, wie er die Welt in ihrer Totalität dachte und erlebte; der „neukantische", rationalisierte Kant scheint in den Hintergrund treten zu wollen, und in manchen Köpfen geht bereits das Licht des gesamten Weltlebens auf." (Archiv für systematische Philosophie.)

Um es gleich vorweg zu sagen: Von philosophischen Büchern, die sich einem außerhalb der engen Fachkreise stehenden Publikum anbieten, wüßte ich nichts besseres zu nennen als diese Systematische Philosophie." (Pädagogische Zeitung.)

Teil I, Abt. 7: Die orientalischen Literaturen. Bearbeitet von: E. Schmidt, A. Erman, C. Bezold, H. Gunkel, Th. Nöldeke, M. J. de Goeje, R. Pischel, K. Geldner, P. Horn, F. N. Finck, W. Grube, K. Florenz. (IX u. 419 S.) Lex. 8. 1906. Geh. M. 10.—, in Leinw. geb. M. 12.—

„... So bildet dieser Band durch die Klarheit und Übersichtlichkeit der Anlage, Knappheit der Darstellung, Schönheit der Sprache ein in hohem Grade geeignetes Hilfsmittel zur Einführung in das Schrifttum der östlichen Völker, die gerade in den letzten Jahrzehnten unser Interesse auf sich gelenkt haben." (Leipziger Zeitung.)

Teil I, Abt. 8: Die griechische und lateinische Literatur und Sprache. Bearbeitet von: U. v. Wilamowitz-Moellendorff, K. Krumbacher. J. Wackernagel, Fr. Leo, E. Norden, F. Skutsch. 3. Auflage. (VIII u. ca. 500 S.) Lex. 8. 1911. Geh. ca. M. 10.—, in Leinwand geb. ca. M. 12.—

„Das sei allen sechs Beiträgen nachgerühmt, daß sie sich dem Zwecke des Gesamtwerkes in geradezu bewundernswerter Weise angepaßt haben: immer wieder wird des Lesers Blick auf die großen Zusammenhänge hingelenkt, die zwischen der klassischen Literatur und Sprache und unserer Kultur bestehen." (Byzantinische Zeitschrift.)

Teil I, Abt. 9: Die osteuropäischen Literaturen und die slawischen Sprachen. Bearbeitet von: V. v. Jagić, A. Wesselovsky, A. Brückner, J. Máchal, M. Murko, A. Thumb, Fr. Riedl, E. Setälä, G. Suits, A. Bezzenberger, E. Wolter. (VIII u. 396 S.) Lex. 8. 1908. Geh. M. 10.—, in Leinwand geb. M. 12.—

„... Eingeleitet wird der Band mit einer ausgezeichneten Arbeit von Jagićs über ‚Die slawischen Sprachen'. Für den keiner slawischen Sprache kundigen Leser ist diese Einführung sehr wichtig. Ihr folgt eine Monographie der russischen Literatur aus der Feder des geistvollen Wesselovsky. Die südslawischen Literaturen von Murko sind hier in deutscher Sprache wohl erstmals zusammenfassend behandelt worden. Mit Wolters Abriß der lettischen Literatur schließt der verdienstvolle Band, der jedem unentbehrlich sein wird, der sich mit dem einschlägigen Schrifttum bekannt machen will." (Berliner Lokal-Anzeiger.)

Schaffen und Schauen

Zweite Auflage | Ein Führer ins Leben | Zweite Auflage

1. Band: Von deutscher Art u

2. Band: Des Menschen Sein

R. Bürkne
P. Klopfer
† A. v. R
G. Steinh
G. Wolff ·

Nach ü
Zeitungen u
in erfolgreic
Lebens ei

Bei der
Überblick ge
Einzelnen in
anschauun

Zu tücht
Kenntnis der
Zusammen
Leben des

Im erst
in seinem W
wichtigsten Z
wie für För
wirtschaftspol
endlich die w

Im zwe
leiblichen und
und Aufgaben
Naturwissensch
als Erfüllung
die Gestaltung

Verlag